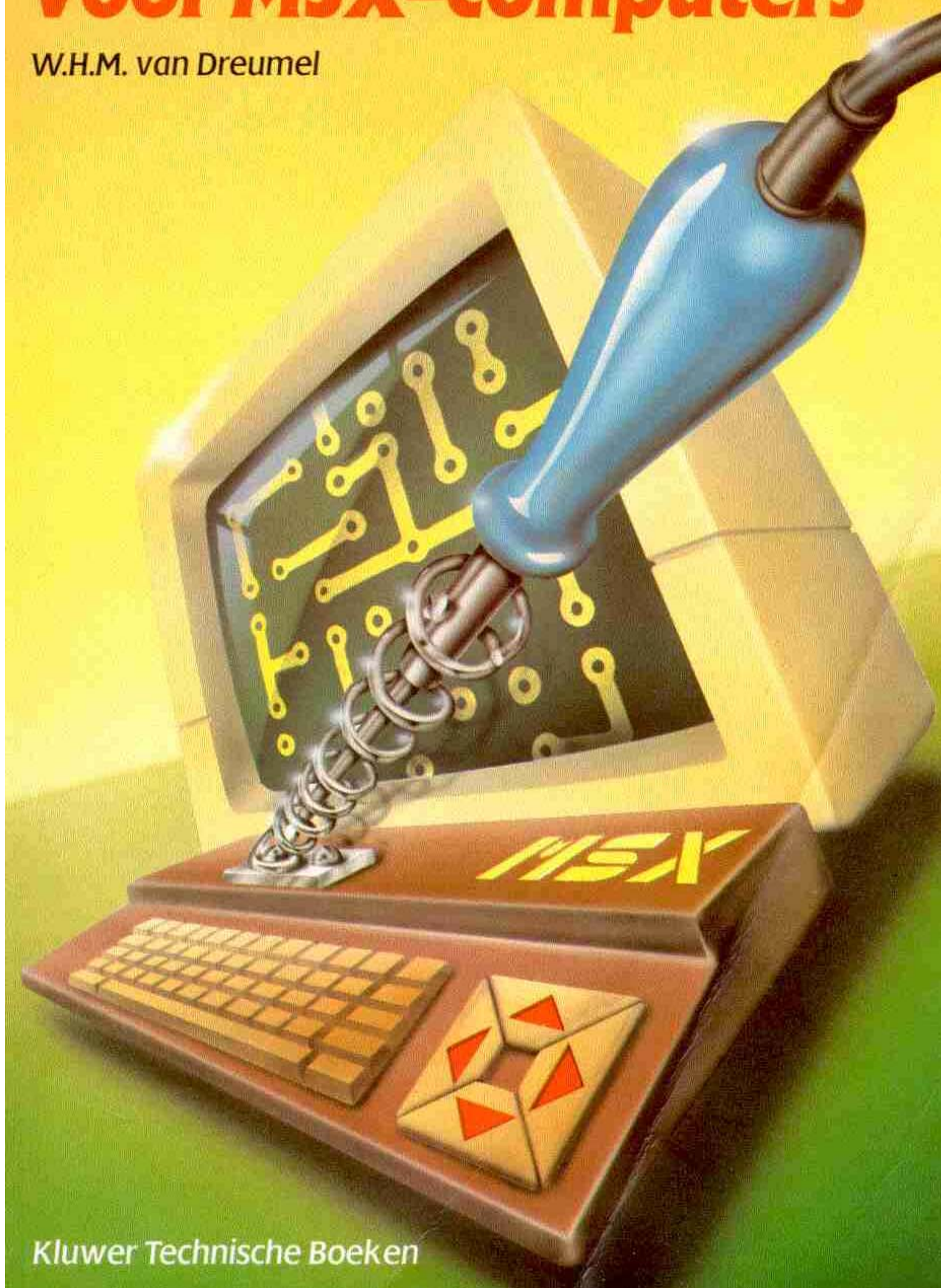
Elektronicaprojecten voor MSX-computers

W.H.M. van Dreumel



Kluwer Technische Boeken

Elektronicaprojecten voor MSX-computers

W.H.M. van Dreumel

Kluwer Technische Boeken B.V.
Deventer – Antwerpen

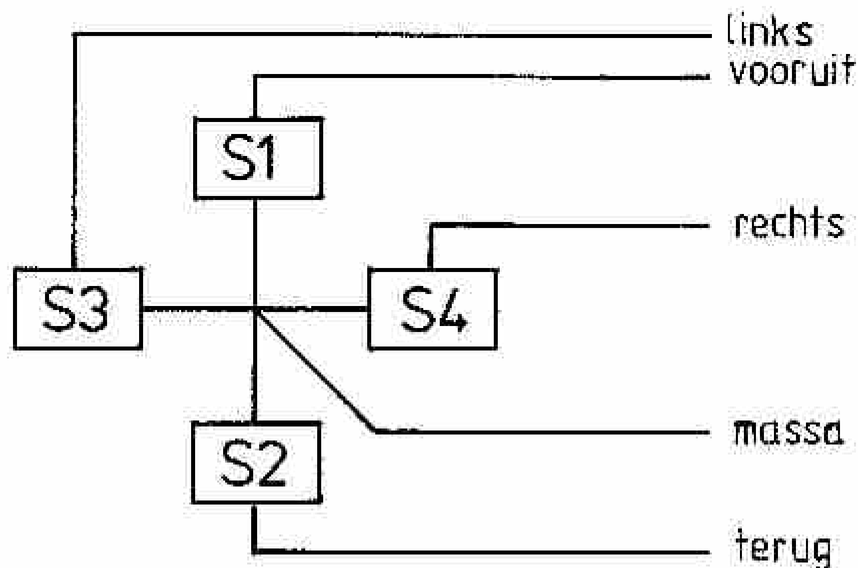
Inhoud

Inleiding

Elektronica is een moeilijk vak. Ondanks de logische uitgangspunten zijn er vaak zoveel variabelen in het spel dat zelfs de meest eenvoudige schakelingen niet precies doen wat we ervan verwachten. In dit boek gaan we samen op verkenning uit. Elektronicaprojecten van gevarieerde moeilijkheidsgraad zullen worden aangepakt. Steeds in samenhang met de computer en steeds begeleid door programmavoorbeelden. Zoveel mogelijk is gestreefd de schakelingen algemeen toepasbaar te maken. Dus onafhankelijk van het gebruikte computertype.
Als demonstratiecomputer is echter de MSX gekozen. Niet alleen is MSX een populairecomputer. De mogelijkheden van deze machine zijn dermate indrukwekkend - zeker als ze afgewogen worden tegen de in veel gevallen zeer bescheiden prijs - dat een auteur van een computer-elektronicaboek er eigenlijk niet omheen kan. Zeer dankbaar zullen we dan ook gebruik maken van de vele mogelijkheden, vooral op grafisch gebied. In dit opzicht levert MSX2 een knap staaltje technisch machtsvertoon. Hoewel dit boek vele volledig uitgewerkte en met software ondersteundeprojecten beschrijft,is het uiteindelijk toch bedoeld de lezer aan te zetten tot een eigen creatieve bijdrage, gericht op zijn eigen interesse. Veel schakelingen zullen dan ook als basis kunnen dienen voor een verdere ontwikkeling. Zorg ervoor dat de doos onderdelen klaar ligt en dat de soldeerbout goed is heetgestookt als u begint met het lezen van dit boek.

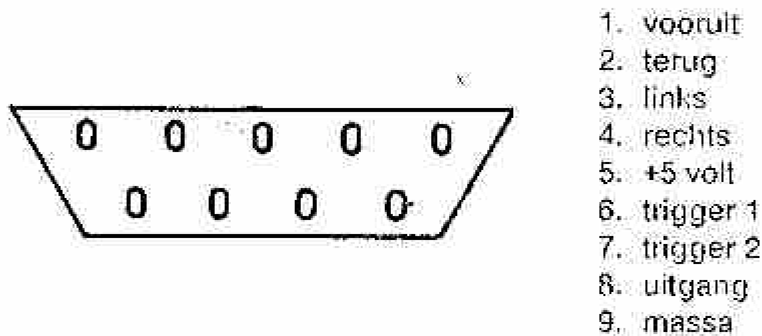
1 De joystick-ingang als interface

Op een MSX-computer treffen we in ieder geval één, maar in de meeste gevallen twee ingangen voor een joystick aan.
Zoals de benaming al aangeeft, kan op zo'n ingang een joystick worden aangesloten. Bij vrijwel alle spelsoftware wordt de joystick als belangrijkste invoer-orgaan gebruikt. Een joystick bestaat uit een verzameling schakelaars die door hun bijzondere opstelling bediend kunnen worden met een stuurknuppeltje. Vier schakelaars maken het mogelijk onderscheid te maken tussen omhoog, omlaag, links en rechts. Ook de diagonale richtingen kunnen worden aange-geven door de stuurknuppel schuin te bewegen. Er worden dan twee schake-laars tegelijkertijd ingedrukt. De joystick wordt vervolmaakt met één of meer vuurknoppen. Agressieve driften vinden via deze knoppen een weg naar het computerbinnenste.



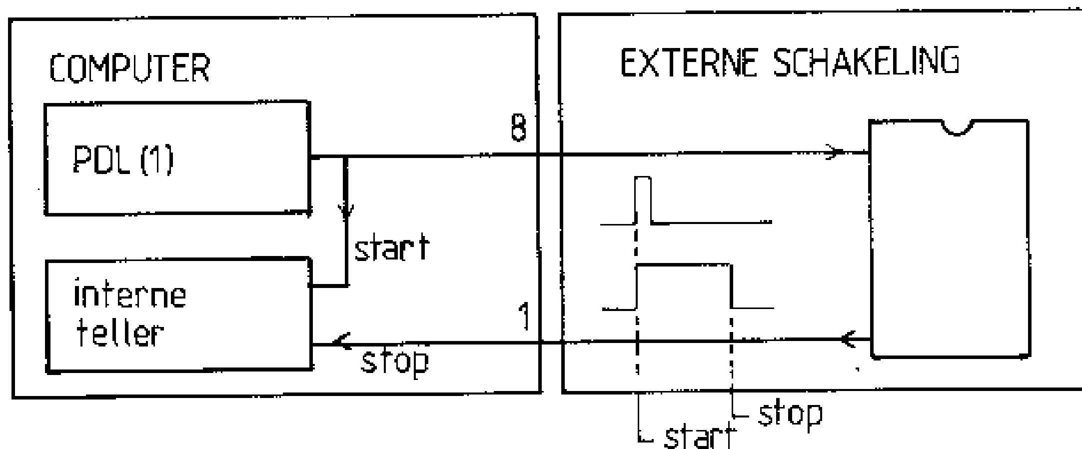
Afb. 1.1. Joystick met schakelaars

Met deze beschrijving lijkt het dan bekeken te zijn. Tenzij we het aansluitschema in het handboek wat nauwkeuriger bestuderen (afb. 1.2).



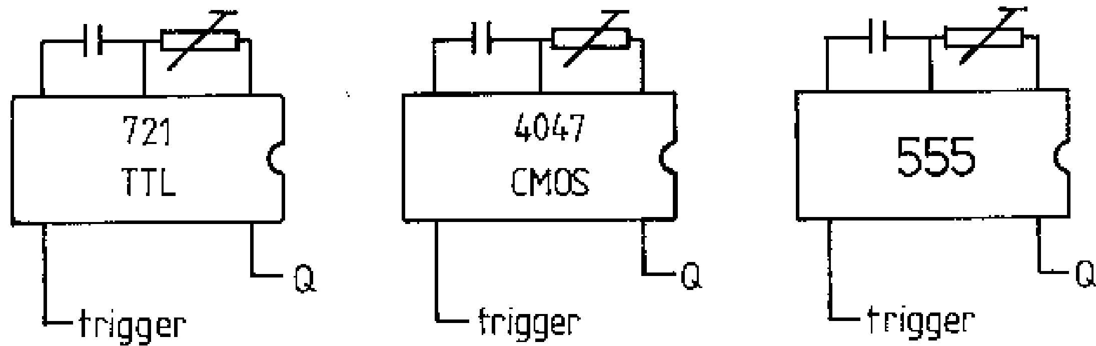
Afb. 1.2. De joystick-aansluitplug

De aanduiding UITGANG bij aansluiting 8 geeft aan dat er kennelijk ook een signaal naar de buitenwereld gestuurd kan worden. De MSX-computer is geschikt voor twee typen joystick. Het eerste type, dat berust op schakelaars, is hiervoor beschreven. Een tweede type werkt met pulsbreedtemodulatie. Hier-bij wordt de stand van een potentiometer vertaald in een bepaalde tijdsduur. Hoewel er ook joysticks met potentiometers uitgerust zijn, wordt deze techniek meestal bij 'game paddles' gebruikt. Een schematische voorstelling maakt een en ander duidelijk (afb.1.3).



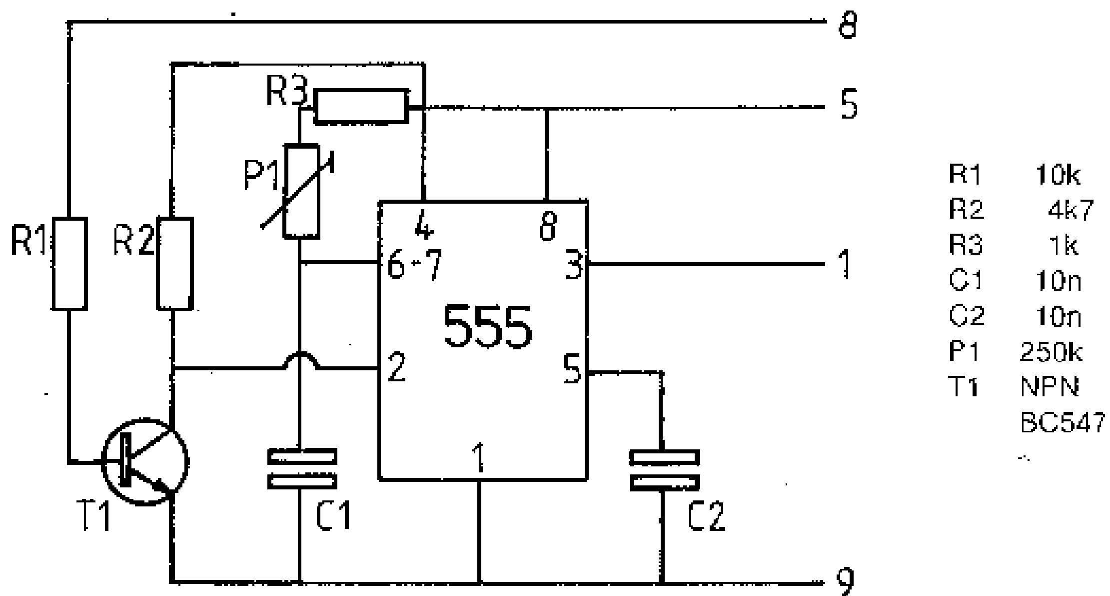
Afb. 1.3. Paddle-aansluiting

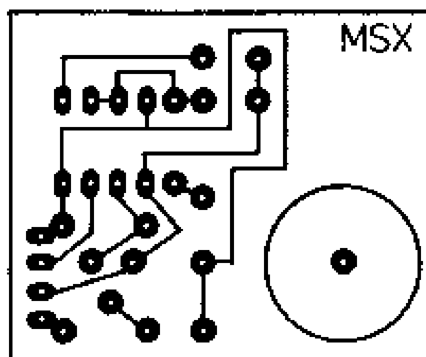
Als vanuit een BASIC-programma de opdracht PDL(1) wordt gebruikt, verschijnt op aansluiting 8 (UIT) een triggerpuls. Op hetzelfde ogenblik gaat er in het binnenste van de computer een teller lopen. Deze teller blijft lopen tot het getal 255 is bereikt. We kunnen hem echter ook stoppen door in dit geval ingang 1 aan massa te leggen. Hoe langer we wachten met het aan aarde leggen van de ingang, hoe hoger de tellerstand is die wordt bereikt. Wat ons te doen staat is duidelijk. We hebben een schakeling nodig die gestart wordt door de OUT-pulsvandecomputerendieingang 1 naeeninstelbaretijdlaag maakt.
Er zijn vele mogelijkheden waarmee het gestelde doel kan worden verwezenlijkt. Vrijwel alle bekende timer-schakelingen kunnen een blokje afgeven waar-van de breedte met een potentiometer is in te stellen.



Afb. 1.4. Timer-schakelingen

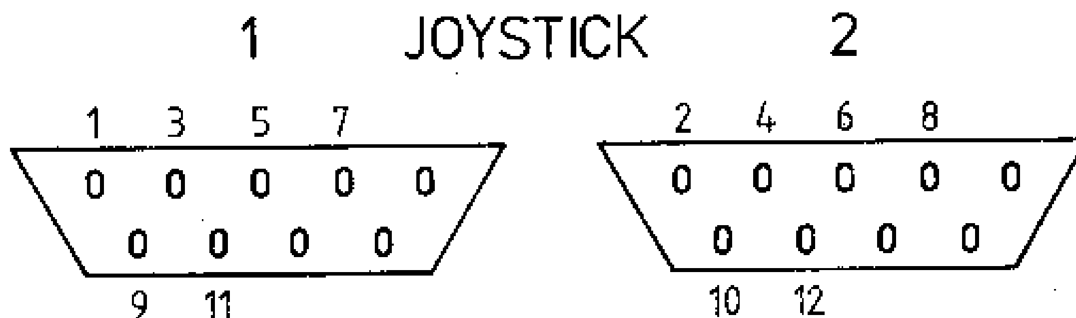
Een IC van het type 555 is zeer geschikt om deze besturingsfunctie op zich te nemen. Het is klein, goedkoop, betrouwbaar en vanouds bekend. De tijdsbe-palende componenten worden zodanig gekozen dat bij de maximale weer-standswaarde van de regelpotentiometer de tijd dat de uitgang hoog is, pre-cies drie milliseconden is. Dat is namelijk juist de tijd die de interne teller nodig heeft om het maximale getal 255 te bereiken. Het schema in afb. 1.5 geeft de volledige schakeling weer, met de juiste waarden voor de componenten. Er is een transistortrapje aan de schakeling toegevoegd om de triggerpulste inverteren. De 555 wordt met een negatieve puls gestart, terwijl de MSX een posi-tieve puls afgeeft. Hoewel deze minischakeling uitstekend op een stukje gaat-jesprint kan worden gezet, is ertoch een printontwerpje afgedrukt. Een MSX-computer heeft namelijk per joystick-aansluiting maar liefst zes stuuringangen beschikbaar. Behalve vooruit, achteruit, links en rechts, zijn ook de vuurknoppen als pulsbreedte gestuurde ingang te gebruiken.
Omdat veel MSX-machines twee joystick-aansluitingen hebben, kunnen we over twaalf ingangskanalen beschikken.





Afb. 1.5. Het PDL-schema

De voeding wordt ons door de computer zelf ter beschikking gesteld. Bij goedkopere machines is de capaciteit van de voeding niet altijd even ruim bemeten. De ruststroom van een 555 bedraagt echter maar 3 mA. Als we het maximum aantal van twaalf schakelingen aan de computer hangen,trekken we nog geen 40 mA. Het ontbreken van een externe voedingsbron maakt het gebruik van de schakelingen zeer plezierig. De enige draadverbinding die we nodighebben, is de verbinding met de joystick-plug. Het uitlezen van een bepaald kanaal is vanuit een BASIC-programma zeer eenvoudig te realiseren door het desbetreffende kanaalnummer op te nemen in de PDL-opdracht.
Met de opdracht X=PDL(1) wordt het getal door het programma ingelezen en in de variabele X gestopt, mits de schakeling is aangesloten op pen 1 (VOOR-UIT) van joystick-aansluiting 1.
De algemene vorm van de paddle-opdracht is PDL(n), waarbij n een getal van 1 tot 12 is. Dat getal geeft aan om welke ingang het gaat. De oneven nummers zijn bestemd voor joystick-ingang 1. De even nummers hebben betrekking op joystick-ingang 2 (zie afb. 1.6).



Afb. 1.6. De paddle-nummers

De goede werking controleren we door het volgende programmaatje in te voeren.

```
10 REM CONTROLE
20 P=PDL(1)
30 PRINT P
40 GOTO 20
```

Het programma is niet erg elegant wat betreft de schermopmaak, maar het werkt. Met enige aankleding kunnen we er ook wat moois van maken.

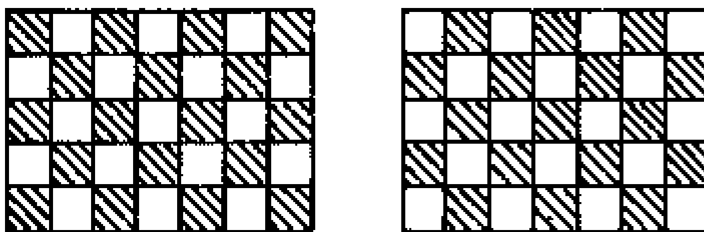
```
10 REM PADDLE-UITLEZING
20 SCREEN 3 : COLOR 6,12,12 : CLS
30 OPEN "GRP:" AS #1
40 PSET (30,120),12 : PRINT #1,"PDL(1)"
50 P=PDL(1)
60 PSET(40,20),10
70 COLOR 10 : PRINT "————" : 'vijf keer graph-P
80 PSET(40,20),10
90 COLOR 1 : PRINT #1,P
100 GOTO 50
```

Door aan de potentiometer van de paddle te draaien, verandert het getal. In feite hebben we een nu computergestuurde weerstandsmeter geconstrueerd.
Door in het programma een omrekening uit te voeren, kunnen we op elk moment de weerstandswaarde van de potentiometer op het scherm aflezen.

```
10 REM WEERSTANDSMETER
20 SCREEN 3 : COLOR 6,12,12 : CLS
30 OPEN "GRP:" AS #1
40 PSET (30,120),12 : PRINT #1,"KILO-OHM"
50 P=PDL(1)
60 PSET(40,20),10
70 COLOR 10 : PRINT #1,"     " : 'vijf keer graph-P
80 PSET(40,20),10
90 COLOR 1 : PRINT #1,INT(P*500/255)
```

100 GOTO 50

In regel 90 wordt uitgegaan van een aangesloten potentiometer met een weerstand van 500 k. Het is echter puur toeval als bij een volledig uitgedraaide potentiometer precies het getal 255 hoort.
Toch is het afregelen van de weerstandsmeter zeer eenvoudig. Draai de potentiometer open tot er een hoog getal (bijvoorbeeld 200) op het scherm staat. Gebruik hiervoor wel het voorlaatste programma! Soldeerde potentiometer los zonder de stand te veranderen. Meet nu met een universeelmeter de weerstandswaarde. Vervang vervolgens in het laatste programma in regel 90 de uitdrukking 500/255 door (gemeten waarde in k)/200. Als het heel nauwkeurig moet,stellen we een mooie ronde weerstandswaarde in het hoge gebied in met behulp van een goed geijkte weerstandsmeter. Er is vast wel ergens een technicus te vinden die zo'n apparaat heeft. Neem de zorgvuldig ingestelde potentiometer mee naar huis (niet aan draaien onderweg!) en soldeer hem in de schakeling. Voer het voorlaatste programma uit en lees het getal af. De juiste verhouding wordt nu in regel 90 van het laatste programma gezet en onze weerstandsmeter is klaar. De hele procedure kan natuurlijk ook zonder wandeling door een gewone weerstand met een tolerantie van 1% te gebruiken als ijkwaarde. Of bent u al op pad geweest?
Als u ook zo'n bakje met gebruikte weerstanden heeft (en welke low-budget technicus heeft dat niet) dan vervagen de kleurtjes nadat het desbetreffende weerstandje meermalen in oververhitte experimenten terecht is gekomen. Weggooien?... welnee. We hebben nu een uitdagend instrument ontwikkeld waarmee we de kleuren weer op kunnen laten leven. Sluit een willekeurige weerstand aan, schrijf een toepasselijk programma en zie, levensgroot wordt hij op het scherm afgebeeld met gekleurde ringen die doen veronderstellen dat het hier een splinternieuw exemplaar betreft. Een uitkomst voor de slechtziende elektronicus. Of voor de goedziende elektronicus die met microscopisch kleine SMD-weerstanden omgaat.
Op zich een leuk idee, ware het niet dat er een addertje onder het MSX-gras schuilt. Hoe maken we een oranje ring... of een bruine? MSX1 kent die kleuren immers niet. Voor een MSX2 levert geen enkele kleur bezwaren op. Die kent er honderden.
Met de gewone MSX moeten we onze toevlucht zoeken tot een truc. We kunnen twee sprites maken die elkaar overlappen. Sprite 1 maken we rood, terwijl sprite 2 de kleurgeel krijgt-zie afb. 1.7. Let erop dat de rasters ten opzichte van elkaar zijn verschoven.



Afb. 1.7. Rasters

Door ze over elkaar te plaatsen ontstaat voor het oog de mengkleur oranje. Het ontwikkelen van een weerstandskleurencodeprogramma is een mooie klus voor een donkere winteravond. Of soldeert u liever?

Nu we het over lange winteravonden hebben, probeer het volgende program-ma eens.

```
10 REM KORTE GOLF
20 A=PDL(1)
30 SOUND I,A
40 I=I+1 : IF I=14 THEN I=0
50 GOTO 20
```

Bij het verdraaien van de potentiometer worden er geluiden hoorbaar die sterk aan het afscannen van de kortegolf doen denken. Morsecodes, geruis, gesis en af en toe een onvervalste Mexicaanse hond komen realistisch uit de luidspreker.
Als het miniprintje wordt ingebouwd in een speelse behuizing kunnen er allerlei aardige spelletjes mee gespeeld worden. Een goedkoop plastic speelgoedautootje kan een leuke muisbesturing opleveren. Zelfs de allerjongsten kunnen met zo'n speeltje klaargestoomd worden voor onze computermaatschappij. Het idee om het printje in een muis te bouwen, is trouwens ook zo gek nog niet.

Met slechts enkele programmaregeltjes kunnen de meest wonderlijke effecten, door met de eenrichtingsmuis over de tafel te rijden, ontstaan.

```
10 CIRKEL MSX1
20 SCREEN 2 : CLS
30 C=PDL(1)/16
40 COLOR C
50 CIRCLE (120,100),R
60 PAINT (120,100),C
70 R=PDL(1)/3
80 GOTO 30
```

De potentiometerstand wordt hier gebruikt om kleur en straal van een cirkel te bepalen. MSX-cirkels zijn in werkelijkheid echter ellipsen. Voor een echte cirkel moet CIRCLE-opdracht de waarde 1.4 worden toegevoegd.

Bent u in het bezit van een MSX2, pas het programma dan aan door scherm 5 te kiezen:

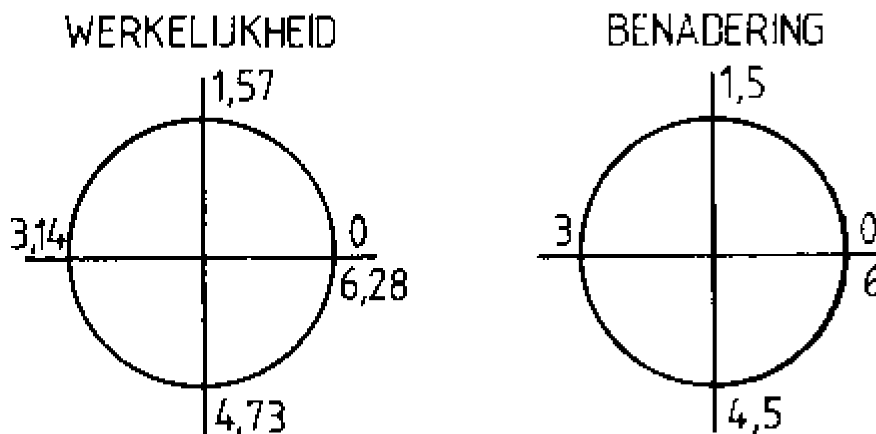
```
10 CIRKEL MSX2
20 SCREEN 5 : CLS
30 R=PDL(1)/3
40 C=PDL(1)/15
50 COLOR C
60 CIRCLE (110,100),R
70 PAINT (110,100),C
80 GOTO 30
```

Het verschil in snelheid is werkelijk indrukwekkend. Ook de handicap dat er altijd acht

puntjes van eenzelfde kleur horizontaal moeten worden afgebeeld, is bij MSX2 niet aanwezig. In grafisch opzicht is MSX2 een echte beeldenstormer.
Door alle SCREEN 2 opdrachten in dit boek te vervangen door SCREEN 5 kunnen de programma's uitstekend worden aangepast aan de MSX2. Dat geldt overigens niet alleen voor de programma's in dit boek. Zowel snelheid als beeldkwaliteit gaan er in het algemeen sterk op vooruit.
Als compensatie voor de bezitter van een standaard-machine kan wellicht het volgende grafische grapje dienen.

```
10 REM TAART
20 SCREEN 2 : CLS
30 H=PDL(1)/40
40 CIRCLE (100,100),90,10,-0,-H,1.4
50 GOTO 30
```

De afmeting van de taartpunt is regelbaar met de potentiometer. In regel 40 is de CIRCLE-opdracht volledig uitgebuit. Decirkel loopt van hoek 0 tot hoek H in radialen. Die hoek wordt bepaald door de weerstandswaarde. Door er een minteken voor te zetten wordt bovendien de straal getrokken. Het getal 1.4 zorgt voor een ronde ellips (een echte cirkel dus).



Afb. 1.10. Ezelsbrug voor cirkelbogen

Voor de niet-wiskundigen is het altijd weer een probleem de hoeken vast te leggen in radialen. Afbeelding 1.10 geeft er een ezelsbruggetje voor. Een cirkel loopt van 0 tot 6. Een kwart cirkel loopt dus van 0 tot 1.5. Een cirkeldeel mag met elk getal beginnen, als er maar linksom -tegen de klok-wordt geteld. Door de getallen cijfers achter de komma te geven, kan het cirkeldeel precies worden ingesteld.

Als afsluiting van dit hoofdstuk spelen we alvast in op de dingen die komen gaan. Het volgende programma beeldt een meterschaal uit, waarlangs zich een wijzer kan bewegen. De schaal loopt van 0 tot 255 en geeft direct het getal weer dat door de computer is gekoppeld aan de breedte van de uit onze schakeling komende puls. Het programma is erg handig bij allerlei afregelingen en we kunnen het in dit boek verschillende malen

toepassen.

```
10 REM PD1
20 SCREEN 5 : CLS
30 OPEN "GRP:" AS #1
40 FOR I=1 TO 255 STEP 10
50 LINE(I,80)-(I,180),7
60 NEXT I
70 A=PDL(1) : B=PDL(2)
80 PSET(100,0),4 : PRINT #1,A
90 PSET(100,20),4 : PRINT#1,B
100 LINE(0,100)-(255,110),4,BF
110 LINE(A,100)-(A,110)
120 LINE(0,150)-(255,160),4,BF
130 LINE(B,150)-(B,160)
140 GOTO 70
```

Het scherm toont een wat kale, niet versierde schaalverdeling. Het staat een ieder natuurlijk vrij er wat franjes aan te hangen. Om niet direct al met ellenlange listings geconfronteerd te worden (die komen toch wel) bevat het programma alleen het meest noodzakelijke. Een handigheidje bij het afregelen van schakelingen is een handbediende oscilloscoop.

```
10 REM PDL2
20 REM verticale uitsturing
30 SCREEN 2 : CLS
40 X=X+1
50 IF X=255 THEN X=0
60 Y=192-PDL(1)
70 PSET(X.Y)
80 FOR Q=l TO 10 : NEXT Q
90 GOTO 40
```

Het beeldpunt verplaatst zich horizontaal. De hoogte wordt bepaald door de stand van de potentiometer.
De grafische mogelijkheden van een MSX-machine dwingen ons ertoe geen genoegen te nemen met een beeld zoals dat in het vorige programma werd gepresenteerd. Met iets meer moeite kan het geheel geloofwaardiger worden gemaakt.

```
10 REM OSCILLOSCOOP
20 SCREEN 2 : COLOR 1,10,10 : CLS
30 OPEN "GRP:" AS #1
40 LINE(20,20)-(230,170),,BF
50 LINE(30,30)-(170,120),12,BF
60 X=30
70 T=95
80 PSET(30,130),1 : COLOR 15 : PRINT #1,"TIJDAS"
90 LINE(90,128)-(170,138),4,BF
100 TA=STICK(0) : T=T+(TA=7)-(TA=3)
110 IF T>160 THEN T=160
120 IF T<95 THEN T=95
130 PSET(T,130),4 : COLOR 15 : PRINT #1,"I"
140 A$=INKEY$ : IF A$=" " THEN 150 ELSE 90
150 T=95
160 PSET(30,150),1 : COLOR 15 : PRINT #1,"TRIGGER"
170 LINE(90,148)-(170,158),4,BF
180 TA=STICK(0) : T=T+(TA=7)-(TA=3)
190 IF T>160 THEN T=160
200 IF T<95 THEN T=95
210 PSET(T,150),4 : COLOR 15 : PRINT #1,"I"
220 A$=INKEY$ : IF A$=" " THEN 230 ELSE 160
230 A$=INKEY$ : COLOR 14
240 PSET(185,40),1 : PRINT #1,"SHOT"
250 PSET(185,60),1 : PRINT #1,"CONT"
260 IF STICK(0)< >1 THEN 310
270 COLOR 15 : PSET(185,40),1 : PRINT #1."SHOT"
280 COLOR 14 : PSET(185,60),1 : PRINT #1,"CONT"
290 S=1
300 GOTO 350
310 IF STICK(0)< >5 THEN 260
320 COLOR 14 : PSET(185,40),1 : PRINT #1,"SHOT"
330 COLOR 15 : PSET(185,60),1 : PRINT #1,"CONT"
340 S=1
350 FOR Q=l TO 5 : A$=INKEY$ : NEXT Q
360 TR=PDL(1) : IF TR<T-95+T*160/255 THEN 360
370 PSET(35,80)
380 X=X+1
390 IF X=170 AND S=1 THEN 400 ELSE 420
400 A$=INKEY$ : IF A$< >" " THEN 400
410 LINE(30,30)-(170,120),12,BF : X=30 : S=0 :GOTO 80
420 IF X=170 THEN X=30
430 Y=120-PDL(1)*90/255
440 LINE -(X,Y),3
450 FOR Q=1 TO T-80 : NEXT Q
400 GOTO 380
```

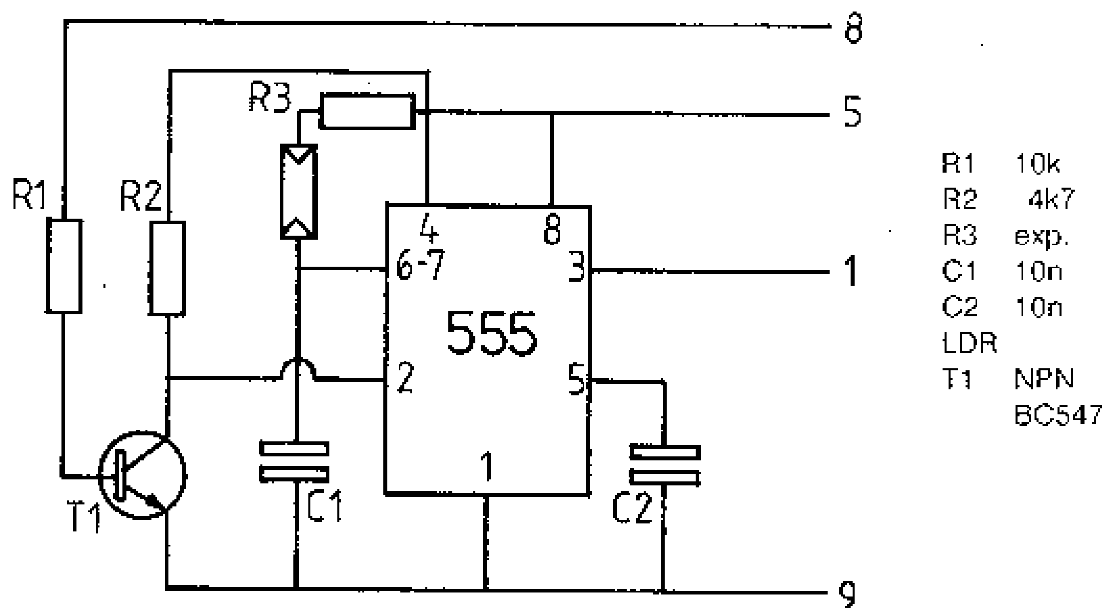
De twee vierkanten die door de eerste regels worden getekend,geven al direct een realistisch beeld van een oscilloscoop, zoals we dat in de werkelijkheid gewend zijn. De tijdas kan met de horizontale cursorbesturing worden ingesteld. Hoe verder de aanwijzer naar rechts staat, des te langer wordt de tijd die voor het aflopen van de X-as nodig is. Na een druk op de spatiebalk kan vervolgens het triggerniveau worden ingesteld. De juiste waarde wordt ook hier weer bekrachtigd door een druk op de spatiebalk. Met de verticale cursor-besturing kan nu worden gekozen voor een 'singleshot', of voor een continue meting. In het laatste geval wordt het beeldscherm niet gewist en komen alle registraties op het scherm te staan.
Als het triggerniveau halverwege wordt ingesteld en we draaien de potentiometer langzaam op dan zal het signaal zichtbaar worden zodra de middenstand wordt gepasseerd. De scoop is alleen geschikt voor laagfrequente verschijnselen. Tegenover die beperking staat echter het voordeel dat de meting op het scherm blijft staan, ook als er geen signaal meer is. Het is dus een geheugenscoop. We kunnen de beelden zelfs opslaan op cassette of disk als ergens in het programma die mogelijkheid wordt ingebouwd. Het eenvoudigst gaat dat door het gehele beeld op te slaan met behulp van de opdracht:

```
BSAVE"naam.SCR",0,&H3FFF,S
```

De toevoeging .SCR is erg handig. We kunnen dan altijd onmiddellijk zien dat het een opgeslagen schermbeeld betreft. Het weer zichtbaar maken van zo'n beeld gaat ook eenvoudig.

```
BLOAD"naam.SCR",S
```

De computer moet bij het geven van deze opdracht wel in de grafische mode staan.



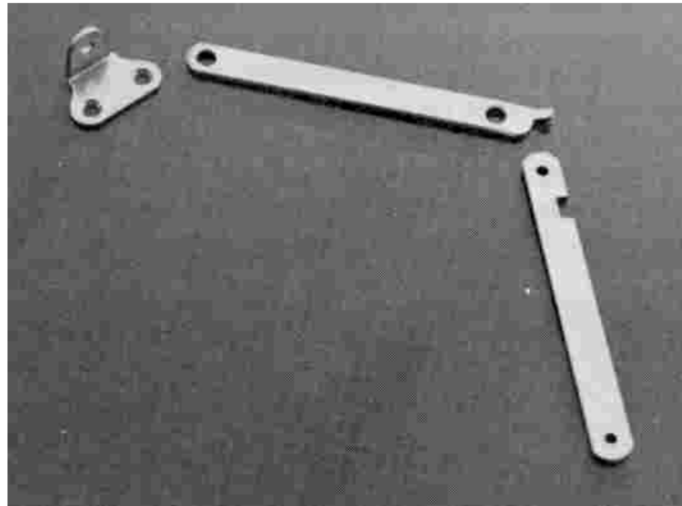
Afb. 1.11. Lichtmeter

Het staat de lezer vrij het ontwikkelde instrument uit te breiden of te wijzigen al naar gelang de behoefte. Het uitbouwen naar meer kanalen is bijvoorbeeld eenvoudig. Bij elke uitbreiding in de programmalus die het signaal meet, moet er rekening mee gehouden worden dat de scoop er trager door wordt. Voor langzame processen is dat echter geen bezwaar. Zo kan het verloop van de lichthoeveelheid op een dag gemeten worden door inplaats van de potentiometer een lichtgevoelige weerstand (LDR) aan te sluiten. De weerkundigen kunnen hiermee het aantal uren zon registreren. De fluctuaties in de lichthoeveelheid geven wellicht een indicatie van het type bewolking dat gedurende de meting langs het hemelgewelf voorbij trok. Zorg er wel voor dat de lichtopnemer altijd op dezelfde wijze is gemonteerd. Door deze uitbreiding hoeven we 's zomers ook niet meer naar buiten. Vanachter het scherm kunnen we ons een perfect beeld vormen van de situatie daar, zonder dat we ons aan de oncomfortabele, energierijke, verkleurende straling bloot hoeven te stellen!

Het in dit hoofdstuk ontwikkelde oscilloscoopprogramma zal pas goed tot zijn recht komen nadat in één van de volgende hoofdstukken een ingang voor analoge signalen is behandeld. Voor we dat onderwerp oppakken, halen we nog iets meer uit het in dit hoofdstuk besproken schakelingetje. We maken er een tekening mee.

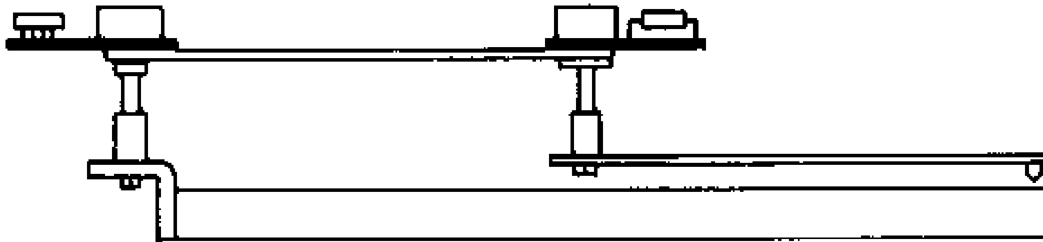
2 Een tekenplank

Voor veel computergebruikers zijn de direct bruikbare grafische mogelijkheden van hun machine te beperkt. Lijnen, vierkanten en cirkels behoren welis-waartotdestandaard-uitrustingvan MSX-BASIC,maartochzouietsmeervrij-heid bij de keuze van vormen wel wenselijk zijn. Een min of meer ideale toe-stand ontstaat als we bestaande figuren in kunnen voeren. Met de hier be-schreven tekenplank kunnen lijntekeningen worden gekopieerd. We moeten ons echter niet al te veel voorstellen van de kwaliteit. Dat wil zeggen, het werkt allemaal uitstekend, maar de lijntjes zijn door de gekozen techniekwat bibbe-rig. Daar staat tegenover dat de beschreven tekenplank bijzonder eenvoudig te bouwen is, zonder veel mechanische werkzaamheden. Van het in het vorige hoofdstuk ontworpen printje worden twee stuks gebruikt.
Aan de muis hebben we kunnen zien dat een punt op het beeldscherm langs een as kan worden bewogen. Door twee muizen te bedienen, is een horizontale en een verticale besturing mogelijk. We zouden dan echter met elke hand een muis moeten bedienen en de bewegingen van linker- en rechterhand op elkaar afstemmen. Dat vraagt nogal wat beheersing van motoriek en oog/ hand-terugkoppeling. Dat moet dus anders. In dit hoofdstuk zullen we met behulp van wat onderdelen uit de ijzerwinkel een instrumentje bouwen waarmee lijntekeningen vanaf papier naar het beeldscherm kunnen worden gekopieerd (zie af. 2.1).



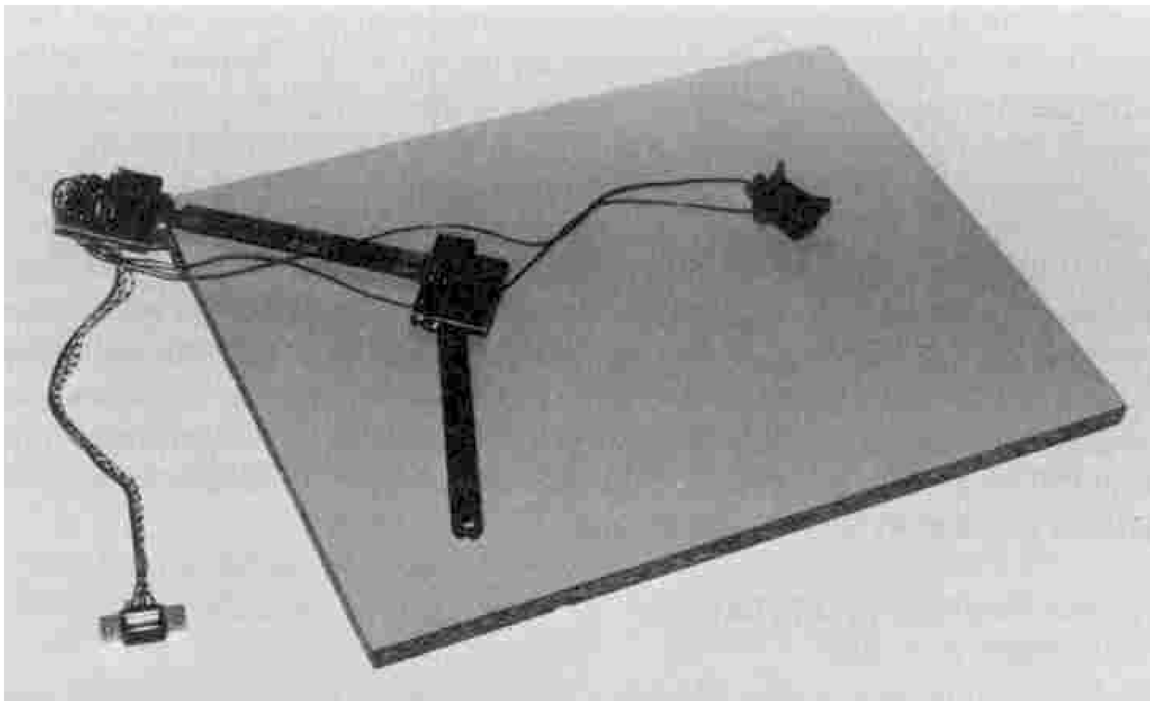
Omdat elektronici bekend staan om hun onhandigheid waar het mechanische zaken betreft, gebruiken we als uitgangspunt een instrumentje dat in elke doe-het-zelf-zaak is te vinden. Op de afdeling ijzerwaren vinden we een apparaatje waarmee het deksel van een bureau of ander meubel in geopende stand kan worden gehouden. Een soort uithouder dus. In vakkringen heet dat een meubelschaar.
Dit stangenmechanisme wordt aan een kleine modificatie onderworpen. Voor de ombouw is alleen een boormachine nodig. Zelfs een handboormachientje is voldoende om de klus te klaren. Met een 3 mm boor worden de scharnierpunten uitgeboord. Zorg ervoor dat het geheel stevig is ingeklemd bij het boren: we hebben onzevingers bij de restvan dit project ook nog nodig.Alleen van de stang die aan het hoekscharnier gezeten heeft worden de

gaatjes opgeboord met een 6 mm boor
In de gaten van 6 mm worden de twee kleine potentiometers gemonteerd, die zich op hun beurt weer bevinden op de in het vorige hoofdstuk beschreven printjes. De asjes worden ingekort en met behulp van een klembusje uit een knop worden zowel de bevestigingshoek als de eindstaaf gemonteerd. Draai de schroefjes nog niet al te vast aan.



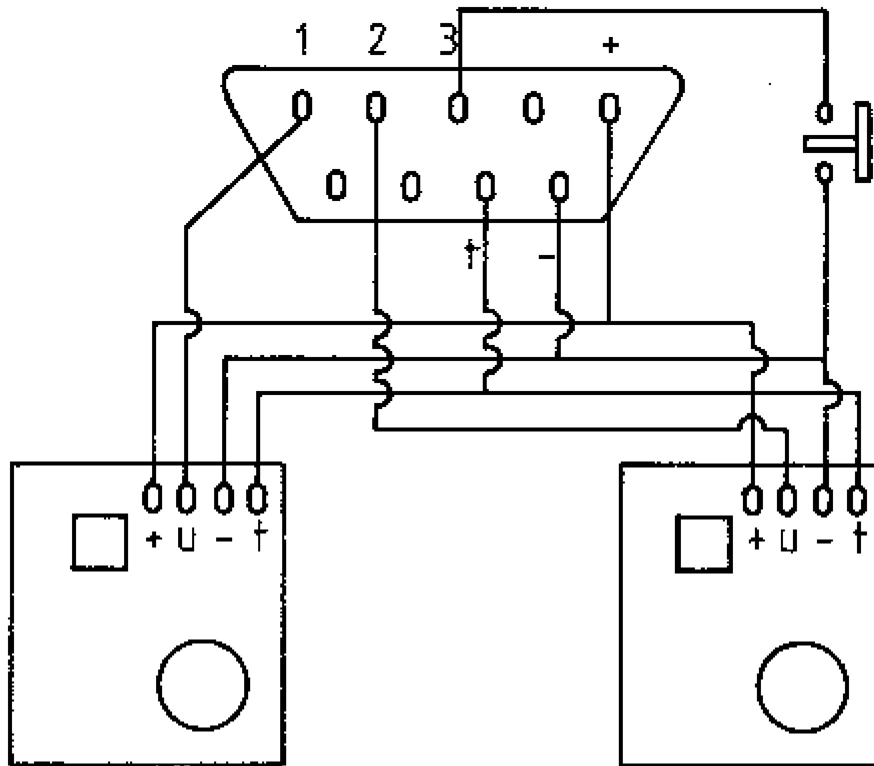
Afb. 2.3. Samenbouw van de tekenplank

Een stuk wit geplastificeerd spaanplaat ter grootte van een vel A4-papier (normaal schrijfmachinepapier), of iets kleiner, completeert het geheel.
De tekenhaak wordt met behulp van twee houtschroefjes bovenaan de linkerzijkant gemonteerd.



Nadat is gecontroleerd of het grootste deel van het bord bestreken kan worden, wordt de pen in de linkerbovenhoek gezet. In deze stand van het stangenmechanisme worden de potentiometers tot tegen de aanslag gedraaid en vastgezet. We hebben nu een mechanisch nulpunt waar de pen niet doorheen kan, tenzij we heel hard duwen. Gezien de potentiometers in deze stand geen weerstand hebben (de lopers staan in de aanslag) komt deze stand ook overeen met het elektrisch nulpunt. De twee printjes kunnen gebruik

maken van dezelfde aansluitplug en hebben dus dezelfde voeding, massa en triggerpuls. Uiteraard komen de 555-uitgangen elk aan een eigen ingang te liggen. We nemen hiervoor de pennen 1 (vooruit) en 2 (terug). Aan pen 3 monteren we een drukknopje met een maakcontact naar massa. Dat gebruiken we later in een programma om de computer te laten weten wanneer hij op het scherm moet tekenen.



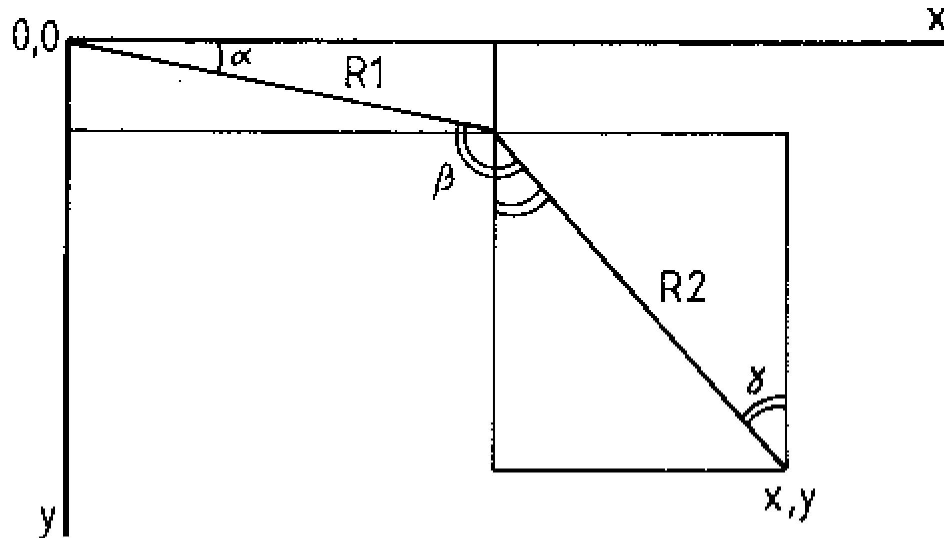
Afb. 2.5. De bedrading

De rest lijkt eenvoudig. De over te nemen afbeelding wordt op het tekenbord gelegd en met een potloodpunt in het gat van de eindstaafvolgen we de lijnen van een eronderliggende tekening. Eventueel kan met een M3-boutje een stukje perspex worden bevestigd. Het uitzicht op de eronder liggende tekening wordt hierdoor verbeterd, maar echt nodig is het niet. Een programmaleest PDL(1) en PDL(3) en vertaalt de door de computer uit de pulsbreedte afgeleide getallen in schermcoordinaten.

```
10 REM KROMME TEKENPLANK
20 SCREEN 2 : CLS
30 X=X+1
40 IF X=255 THEN X=0
50 X=255-PDL(1) : Y=192-PDL(3)
60 PSET(X,Y)
70 GOTO 30
```

Er gebeurt iets op het scherm, maar het resultaat is niet precies watwe bedoel-den. De

tekening wordt gecodeerd op een nogal eigenaardige wijze. Op zich geen gek idee als inzage door derden niet op prijs wordt gesteld. Willen we echter een natuurgetrouwe kopie maken, dan zullen we niet buiten een lesje goniometrie kunnen. De niet-wiskundigen mogen even afhaken, verderop wordt het weer interessant.



Afb. 2.6. Goniometrie

Zoals afbeelding 2.6 laat zien, wordt de positie van het overneempunt vastgelegd door een aantal variabelen. Zo is er de lengte R1 van stang 1 en R2 van stang 2. Bovendien variëren de hoeken a en b. Deze hoeken geven in feite de stand van de desbetreffende potentiometerweer.Omdat we lineaire potentiometers toepassen, zijn de hoeken recht evenredig met de weerstand en dus recht evenredig met het getal dat de computer leest. De hoek b is de hoek tussen de twee staven. We nemen de oorsprong van het assenstelsel in het vaste draaipunten nemen een willekeurige stand aan van het stangenstelsel. Het zal duidelijk zijn dat de hoek b voor de bepaling van de coordinaten niet erg geschikt is.Waar we wel wat aan hebben, is de hoek p die de tweede arm met de Y-as maakt. Deze hoek kan als volgt uitgedrukt worden in de beide andere hoeken:

p=b-a-pi/2

De X- en Y- coordinaat zijn nu op te schrijven als de bijdrage van de afzonderlijke armen R1 en R2:

X=R1 cos a + R2 sin p
Y=R1 sin a + R2 cos p

Deze basisformules zijn verwerkt in het volgende tekenprogramma dat de po-laire coordinaten vertaalt naar een lineair stelsel. Met de factor F kan de grootte van de afbeelding op het beeldscherm worden aangepast.

```
10 REM RECHTE TEKENHAAK
20 SCREEN 2 : KEY OFF : CLS
30 F=70
40 R1=133 : R2=117 : PI=3.14159
50 A1=PDL(1)/F
60 A2=PDL(3)/F
70 PHI=A2-A1-PI/2
80 YY=-1.4*(R1*COS(A1)+R2*SIN(PHI))
90 XX=R1*SIN(A1)+R2*COS(PHI)
100 X=XX-0.2*YY : Y=YY+0.2*XX
110 IF STICK(1)< >7 THEN 50
120 PSET(X,Y)
130 A1=PDL(1)/F
140 A2=PDL(3)/F
150 PHI=A2-A1-PI/2
160 YY=-1.4*(R1*COS(Al)+R2*SIN(PHI))
170 XX=R1*SIN(A1)+R2*COS(PHI)
180 X=XX-0.2*YY : Y=YY+0.2*XX
190 IF STICK(1)< >7 THEN 50
200 LINE -(X,Y)
210 GOTO 130
```

Aan dit programma is duidelijk te zien dat de MSX een goede tekenaar is, in rekenen is hij echter maar matig. De omzetting door middel van goniometrische formules gaat zo langzaam, dat we er met het overtrekken van figuren rekening mee moeten houden. Langzaam aan dus. Als de schakelaar is ingedrukt, neemt het scherm de beweging over. Om de tekenplank wat aan te kleden, maken we een iets uitgebreider tekenprogramma waarmee de tekeningen kunnen worden ingekleurd en opgeslagen.

```
10 REM TEKENPLANK MET KLEUR
20 CLS : KEY OFF
30 PRINT"KIES KLEUR MET <- ->"
40 PRINT : PRINT : PRINT
50 PRINT"Druk op knop om te tekenen"
60 PRINT
70 PRINT"Laat knop los voor nieuwe lijn"
80 PRINT : PRINT : PRINT
90 PRINT"Breng cursor binnen gesloten figuur"
100 PRINT
110 PRINT"en druk op spatiebalk voor inkleuren"
120 PRINT : PRINT : PRINT : PRINT"Voor opslaan type S"
130 PRINT : PRINT : PRINT"Druk toets";
140 A$=INPUT$(1)
150 SCREEN 2 : KEY OFF : CLS
160 F=90 : C=10
170 Rl=133 : R2=117 : PI=3.14159
```

```
180 GOSUB 370
190 A1=PDL(1)/F
200 A2=PDL(3)/F
210 PHI=A2-A1-PI/2
220 YY=-1.4»(R1*COS(A1)+R2*SIN(PHI))
230 XX=R1*SIN(A1)+R2*COS(PHI)
240 X=XX-.2*YY : Y=YY+.2*XX
250 IF STICK(1)< >7 THEN 180
260 PSET(X.Y),C
270 A1=PDL(1)/F
280 A2=PDL(3)/F
290 PHI=A2-A1-PI/2
300 YY=-1.4*(R1»COS(A1)+R2*SIN(PHI))
310 XX=R1*SIN(A1)+R2*COS(PHI)
320 X=XX-.2*YY:Y=YY+.2*XX
330 IF STICK(1)< >7 THEN 180
340 LINE -(X,Y),C
350 IF STRIG(0) THEN PAINT(X+1,Y+l),C
360 GOTO 270
370 'kleur kiezen
380 P=STICK(0)
390 C=C+(P=3)-(P=7)
400 IF C<0 THEN C-0
410 IF 015 THEN C=15
420 FOR A=250 TO 255
430 FOR B=0 TO 4
440 PSET(A,B),C
450 NEXT B,A
460 IF STICK(1)=7 THEN RETURN
470 A$=INKEY$
480 IF A$="S" OR A$="s" THEN BSAVE"TEK.SCR",0,&H3FFF,S
490 GOTO 370
```

Als er een gesloten figuur is getekend, kan deze ingekleurd worden door de pen al tekenend binnen de figuur te plaatsen. Als bij ingedrukte knop op de spatiebalk wordt geduwd dan wordt de gesloten figuur gevuld. Let er bij het tekenen op dat gesloten figuren die moeten worden ingekleurd, ook werkelijk gesloten zijn. Is dat niet het geval, dan zal de verf uit de figuur weg lekken en het gehele scherm vullen. Laten we de knop los dan kan de pen naar een volgend beginpunt van een lijn worden bewogen zonder sporen op het scherm achter te laten.
Een druk op S zorgt ervoor dat de tekening op schijf wordt gezet. Doe dit ook tussentijds, als er iets verkeerd gaat, is in dat geval niet alles verloren. De tekening kan in een ander programma opgeroepen worden met BLOAD"TEK.SCR",S.

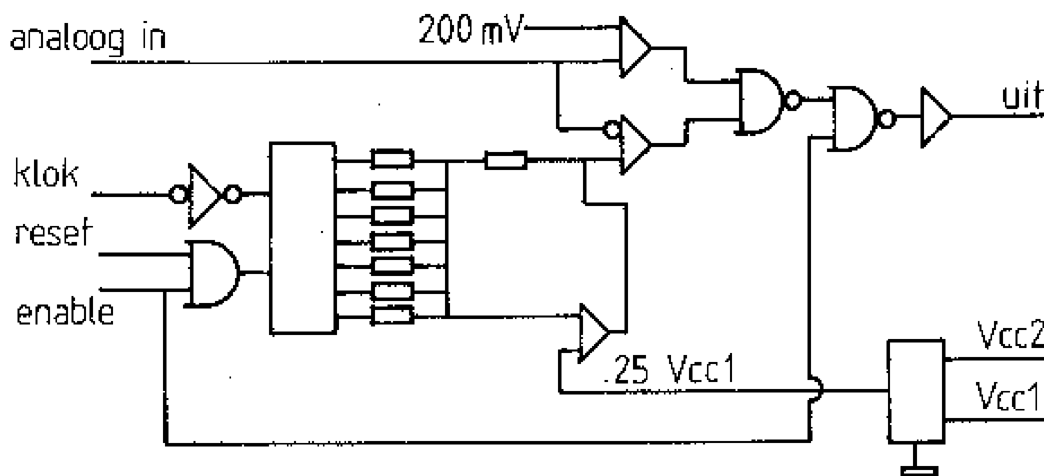
```
10 REM OPHALEN BEELDSCHERM
20 SCREEN 2
```

```
30 BLOAD"TEK.SCR",S
40 GOTO 40
```

Door aanpassing van de laad- en save-opdracht is het wegschrijven naar cassette of Quickdisk natuurlijk ook mogelijk.
Bij een MSX1 moeten we een beetje rekening houden met het feit dat de pixels in horizontale rijtjes van acht slechts twee kleuren mogen bevatten. De MSX2-bezitter heeft daar in scherm 5 geen last van. Bij een MSX1 zien de tekeningen er al gauw als een scheurwerkje uit. Op zich een erg leuk effect.

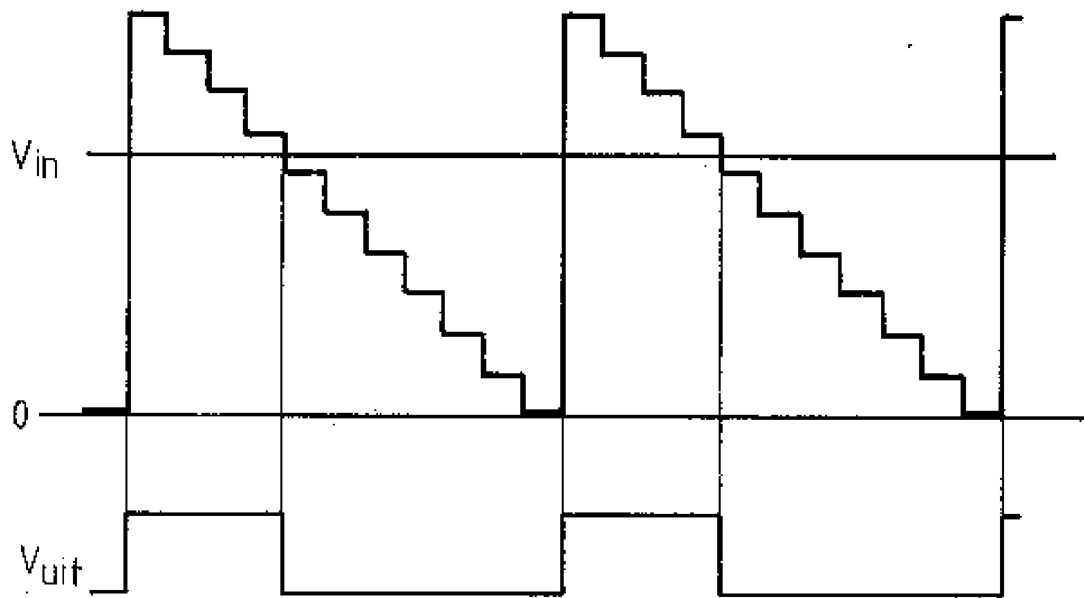
3 Analoge ingangen

In de achter ons liggende hoofdstukken hebben we met wat onderdelen een weerstandsmeter gebouwd en toegepast. Een echte elektronicus is echter in wat meer zaken geïnteresseerd dan alleen weerstandswaarden. Het meten van spanningen geeft heel wat meer mogelijkheden. De ervaren 555-knutselaar zal al gauw het idee krijgen om de werking van de schakeling uit het vorige hoofdstuk met een externe spanning te beïnvloeden via de stuuringang op pootje 5. Vergeet het maar. De modulatie is beperkt en niet erg lineair. Ook zou de tijdsbepalende weerstand kunnen worden vervangen door een spanningsgestuurde stroombron. We kunnen de zaak echter ook direct goed aanpakken en uitgaan van een component die speciaal voor het gestelde doel is ontwikkeld.
Het IC TL507 bevat een complete 7-bits analoog/digitaalomzetter. Het zit net als de 555 in een 8-pens behuizing. Met een minimum aan onderdelen maken we er een spanningsgestuurde pulsbreedtemodulator van. Afbeelding 3.1 geeft het schema van de TL507.



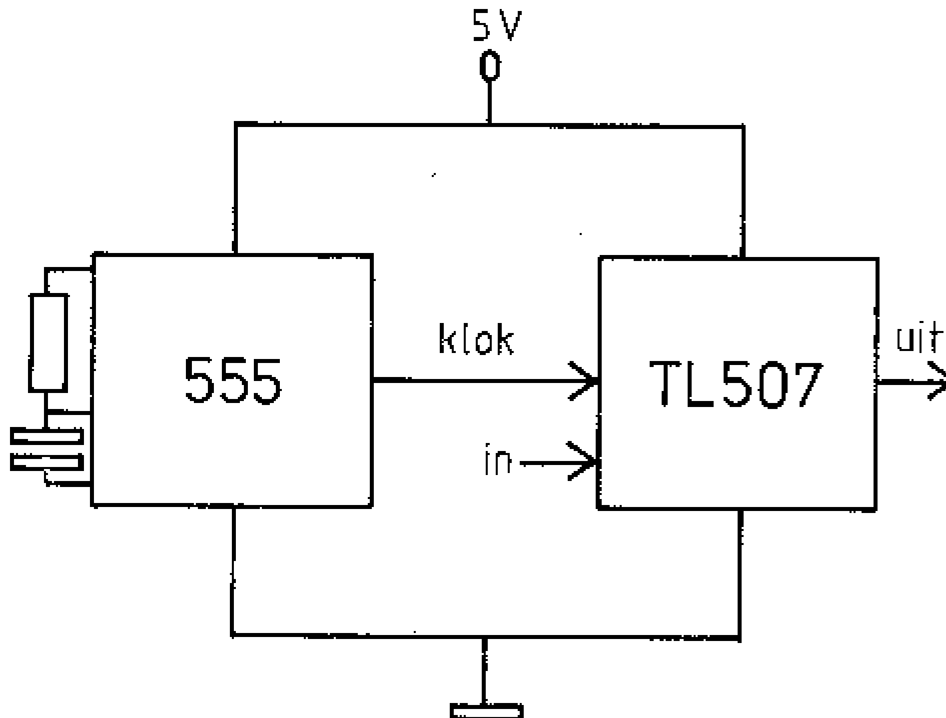
Afb. 3.1. Schema TL507

Als de reset/enable-ingang R laag gehouden wordt, zullen pulsen op de klok-ingang door een teller worden bijgehouden. Aan de zeven uitgangen van de teller is een weerstandsladdernetwerk gekoppeld dat de digitale tellerstanden omzet in een trapspanning.
Na 128 klokpulsen springt de teller weer op 0 en begint de trapopbouw opnieuw. Door de gebruikte logica is de trapspanning geïnverteerd, deze loopt dan ook van hoog naar laag. Een comparatorschakeling vergelijkt de waarde van de trapspanning voortdurend met de extern aangeboden analoge spanning. Is die spanning hoger dan
is de uitgang van de TL507 hoog. Bij een lagere spanning dan de trapspanning is de uitgang laag.



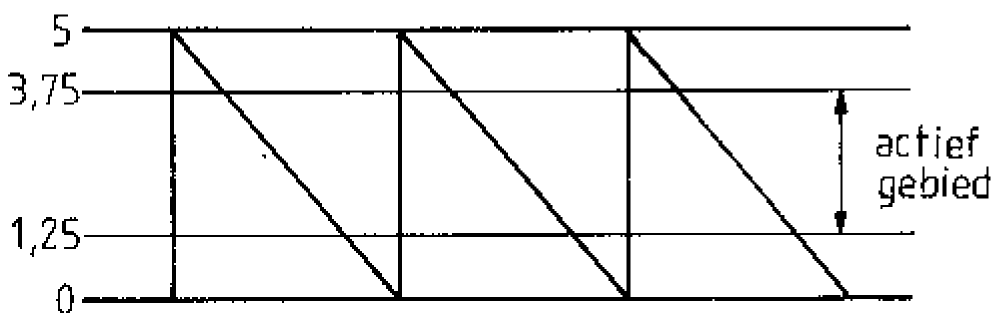
Afb. 3.2. De trapspanning

Aan de uitgang staat een pulstrein met pulsen waarvan de breedte afhangt van de grootte van de aangeboden spanning. Uiteraard mits we zelf zorgen voor een klokfrequentie op de daarvoor bedoelde ingang. We zullen de 555 uit het vorige hoofdstuk niet in de kou laten staan. Dit IC mag opdraven als klokfrequentieopwekker. Een toepassing waarvoor het als het ware is gemaakt. We stellen de frequentie zo in dat de teller juist volloopt in de tijd die de computer als maximale tijd verwacht.



Afb. 3.3. Blokschema

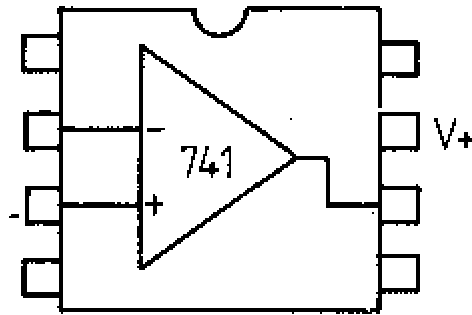
Dat lijkt dus voor elkaar. De schakeling is compleet en kan kennelijk direct worden ingezet. Toch is dat maar ten dele waar. Een kleinigheidje strooit roet in het eten. De trapspanning loopt niet netjes van 0 V tot de voedingsspanning,
maar varieert tussen 25% en 75% van de voedingsspanning VCC1 (afb.3.4).En die mag liggen tussen 3,5 V en 6 V (aansluiting VCC2 is bedoeld voor een hoge, niet geregelde voedingsspanning tussen 8 V en 18 V en wordt door ons niet gebruikt).



Afb. 3.4. Regeling tussen 25% en 75%

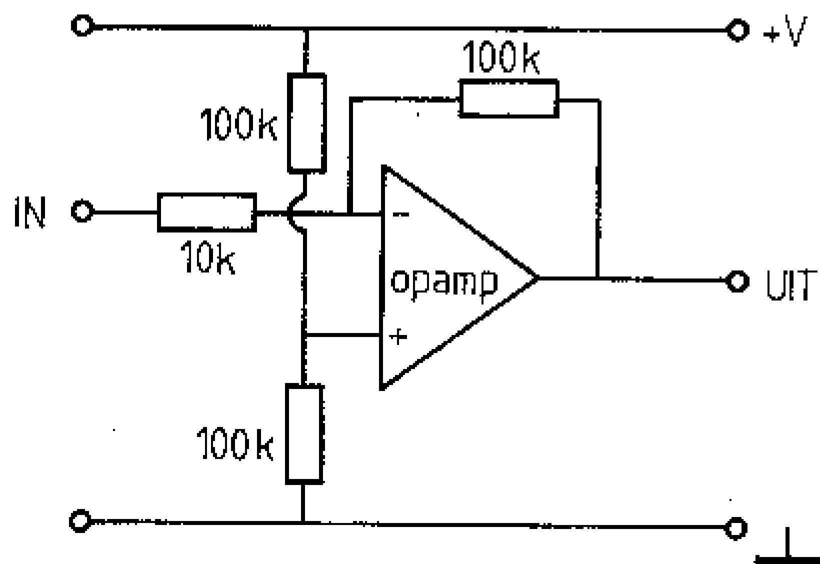
Als we de schakeling voeden vanuit de computer, en dat is 5 V, kunnen we met dit schakelingetje dus alleen maar spanningen meten tussen 1,25 V en 3,75V. Dit boek zou geen elektronicaboek zijn als we daar niet iets op vonden. Als we met spanningen willen manipuleren, grijpen we impulsief naar de doos waarin zich een hoeveelheid, waarschijnlijk meermalen gebruikte en in opperste wanhoop weer uitgesoldeerde,

operationele versterkertjes bevindt. In de meeste rommeldozen is waarschijnlijk een ruime keuze te vinden. 714, CA 3140, TL071 om er maar enkele te noemen. Ook hier doet zich uiteraard weer ogenblikkelijk een probleem voor. OpAmps worden gebruikelijkerwijze ge-voed met dubbele voedingsspanningvan +15V en -15 V.Wij hebben slechts de beschikking over een enkele voedingsspanning van 5 V. Kunstmatig kunnen we daar +2,5 V en -2,5 V van maken en daar schuilt nu het probleem. Bij zulke lage spanningen functioneren lang niet alle OpAmps meer.
Wonderwel neemt de inmiddels enigszins antieke, maar zeer betrouwbare en vooral goedkope 741 genoegen met zo'n minimumvoeding. Geen enkele reden dus om de 741 aan de kant te zetten voor zo'n modern FET-ingangversterkertje.



Afb. 3.5. Antiek?

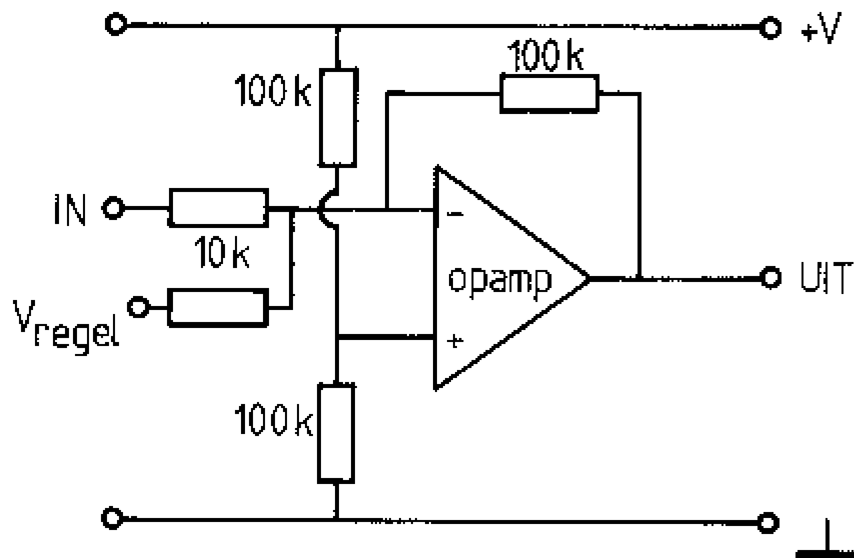
We gaan ervan uit dat de versterker 3,75 V af moet geven als de ingang 0 V is. Bij 3,75 V immers geeft een analoog/digitaalomzetter van het type TL507 aan
de uitgang een blokje af dat z0 klein is dat de computer er de waarde 0 aan toekent. Het is altijd gemakkelijk als 0 volt overeenkomt met het getal 0 op het beeldscherm. We stellen nog een tweede eis. Als de ingangsspanning van de versterker stijgt, moet de uitgangsspanning dalen. De A/D-omzetter geeft dan een bredere puls af en het getal op het scherm stijgt evenredig met de ingangsspanning. Wat we dus nodig hebben, is een inverterende versterker waarvan we de uitgang naar 3,75 V kunnen regelen.
Voor we de schakeling opzetten, kijken we even naar de manier waarop een OpAmp kan worden gevoed uit een enkele voedingsspanning (zie afb. 3.6).



Afb. 3.6. Tienmaal versterking met enkele voeding

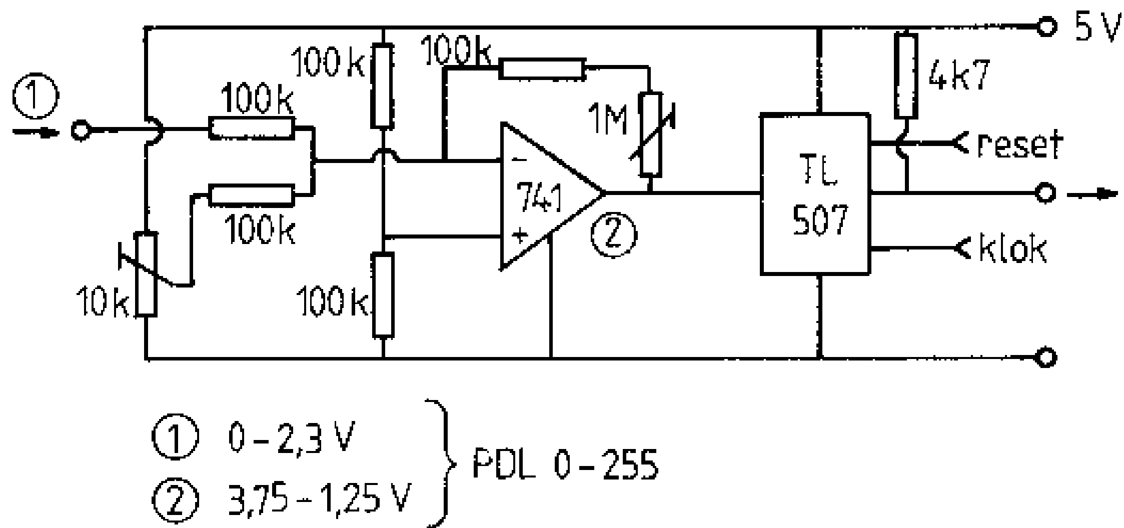
Een handige schakeling maakt gebruik van een extra versterkertje dat een kunstmatige 0 bewerkstelligt op het niveau van de halve voedingsspanning. De OpAmp wordt hiervoor als inverter geschakeld en de +-ingang wordt met een spanningsdeler op het gewenste niveau gebracht. Vooral als we schakelingen willen voeden uit een batterij kan deze opzet uitkomst bieden.

De truc van de schijnbare 0 op 2,5 V kan echter ook bij het versterkertje zelf toegepast worden. Een inverterende versterker met een versterkingsfactor
van 1 ziet er dan uit zoals in afbeelding 3.7 is aangegeven. Met dit schakelingetje zijn we bijna bij ons einddoel. Als we er een inverterende optelschakeling van maken zijn we bijna klaar.



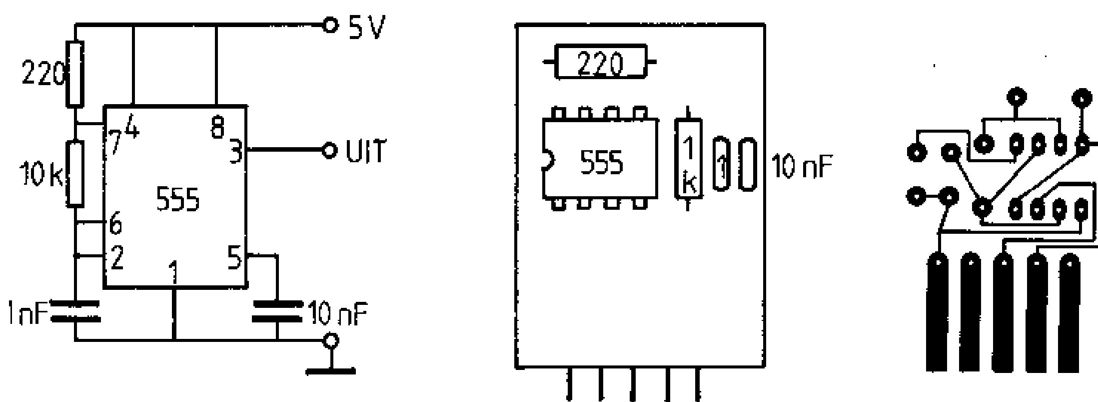
Afb. 3.7. Optelversterker met regelbaar uitgangsniveau

Met een instelpotentiometer kan de uitgang naar het door ons gewenste niveau van 3,75 V worden geregeld als de signaalingang aan massa ligt. De versterkingsfactor van een OpAmp kan worden ingesteld door de verhouding van de terugkoppelweerstand en de voorschakelweerstand te wijzigen. De voorschakelweerstand willen we graag een hoge waarde geven omdat die de ingangsweerstand van het circuit bepaalt. Hoe hoger de weerstand, hoe minder de belasting van de voorafgaande schakeling. We regelen de versterking daarom liever met de terugkoppelweerstand. Een 741 OpAmp kan een terug-koppelweerstand van 1 Mohm gemakkelijk aan, zonder stabiliteitsproblemen te vertonen. Door de terugkoppelweerstand op te bouwen uit een vaste weer-stand van 100 K en een instelbare weerstand van 1 M kan de versterking worden geregeld tussen 1x en 11x. Het schema in afbeelding 3.8 geeft de uiteindelijke schakeling, echter nog zonder de klokgenerator.



Afb. 3.8. De analoog/digitaal-omzetter

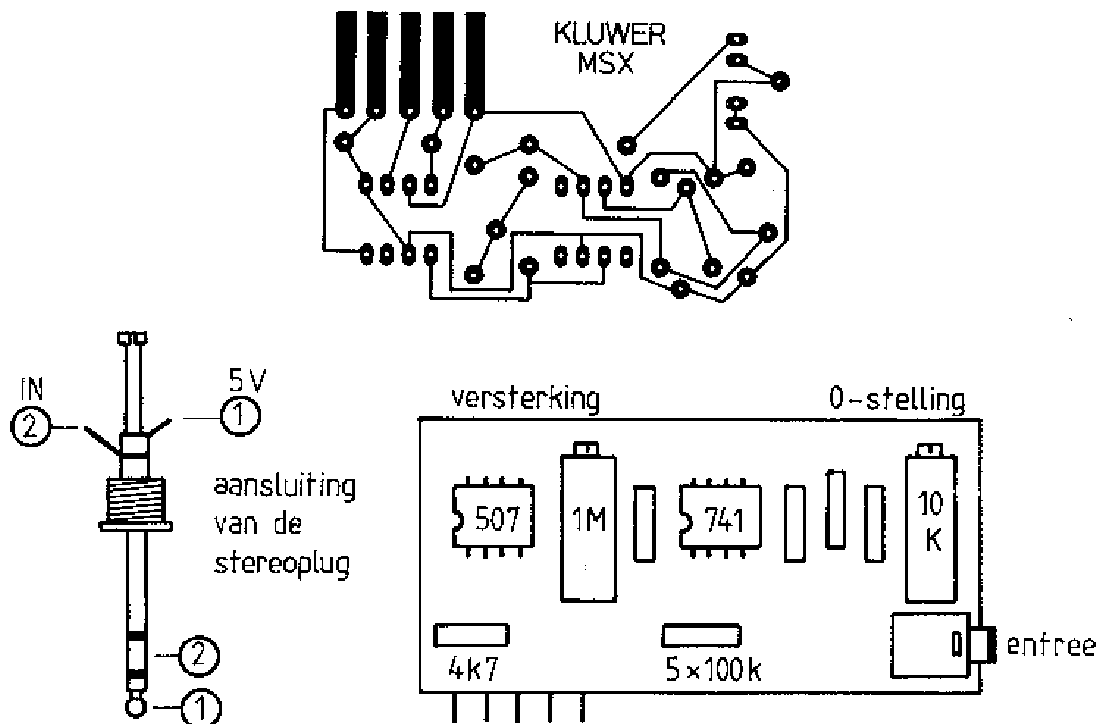
Bij een versterking van 1 komt een stap in de trapspanning overeen met ongeveer 10 mV. Bij een versterking van 11 is de gevoeligheid ongeveer 1 mV.We moeten er wel rekening mee houden dat er door diverse omstandigheden niet echt met die gevoeligheid kan worden gemeten. Een nauwkeurigheid van 5 mV moet te halen zijn, zeker als de toevoerleiding netjes is afgeschermd. Voor het schakelingetje kan een printje worden ontworpen waarop de klokgenerator, de versterker en de analoog/digitaalomzetter een plaatsje vinden. Toch is dat niet de handigste manier. Als we namelijk meer kanalen willen ge-bruiken dan is het dupliceren van de klokgenerator tamelijk overbodig. Als we bovendien willen uitbreiden naar het maximale aantal van zes kanalen per joystick-ingang dan kunnen we het geheel beter modulair opzetten.



Afb. 3.9. De klokgenerator

Het printje voor de klok, waarvan er slechts één nodig is, ziet er zeer bescheiden uit. Twee weerstandjes, twee condensatoren en een IC hebben nu eenmaal niet veel ruimte nodig. Alle aansluitingen bevinden zich aan één zijde

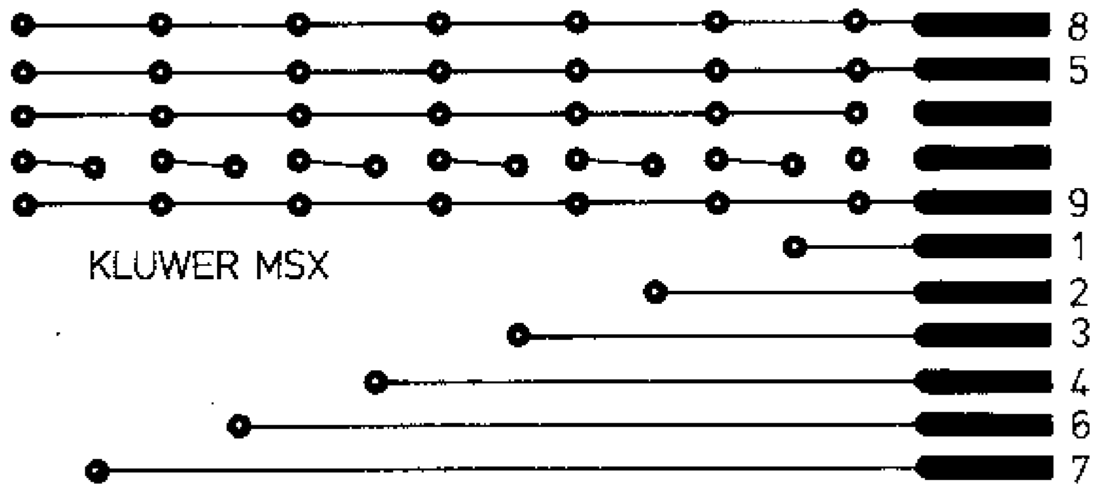
(afb. 3.9). Datzelfde is het geval met de aansluitingen van de omzetterprint zelf (afb. 3.10). Door deze opzet kunnen we gebruik maken van een basisprint waarop tot een maximum van zes kanalen kan worden uitgebreid.



Afb. 3.10. De omzetterprint

De instelpotentiometers voor het nulpunt en de versterking zijn zo geplaatst dat ze van bovenaf gemakkelijk bereikbaar zijn.
Voor de ingang is een stereo-hoofdtelefoonaansluiting gebruikt. Die heeft het voordeel dat dan ook de voedingsspanning extern beschikbaar is. Voor toekomstige uitbreidingen zal dat erg handig blijken te zijn. Er is nog een voordeel. Als de hoofdtelefoonplug niet in het chassisdeel gestoken is, ligt de in-
gang aan massa. Hierdoor is de afregeling van het nulpunt van de versterker wel heel eenvoudig geworden. Bij uitgenomen plug, wordt de nulregeling zodanig versteld dat de computer op het beeldscherm twijfelt tussen 0 en 1. Deze afregeling moet telkens opnieuw gebeuren als de versterkingsfactor wordt gewijzigd.
Hoewel het misschien handig lijkt de printjes vaneen losneembare verbinding te voorzien, is het toch praktischer ze direct op de basisprint te solderen. Het geheel heeft dan maar weinig inbouwhoogte nodig en is zeer stabiel. Bij onverhoopte storingen kunnen de individuele printjes zonder al te veel moeite worden losgesoldeerd. Een tinzuiger doet hierbij wonderen.
Let erop dat de klokgenerator het dichtst bij de uitgangsaansluitingen wordt gemonteerd. De basisprint is hierop ingericht. Voor het monteren van de print-jes op de basisprint kan het best gebruik worden gemaakt van printpennen. Deze worden in de basisprint gestoken, maar nog niet vastgesoldeerd. Eerst wordt de verbinding met de opsteekprintjes gemaakt, hierdoor worden de pennen goed uitgelijnd. Na het vastsolderen van de pennen

op de basisprint is het geheel klaar voor gebruik.
Waarschuwing!
Het insteken of uithalen van de ingangspluggen mag alleen bij uitgeschakelde computer. De kans bestaat namelijk dat de plug in het chassisdeel even kort-sluiting maakt. Hoewel de computer tegen deze externe kortsluiting is beveiligd, kan hij toch van slag raken omdat de interne schakelingen in geval van externe kortsluiting ook zonder spanning komen te staan. Als het uitzetten van de computer tijdens het gebruik op onoverkomelijke bezwaren stuit, trek dan de joystick-plug even los alvorens een ingangsplug aan te brengen of te verwijderen. Dat kan wél ongestraft terwijl de computer aanstaat.
Afbeelding 3.11 laat een gedeeltelijk bezette basisprint zien. Het geheel kan netjes in een aantrekkelijkogend kastje worden gemonteerd. Een TEKO-kastje model CAB 011 vormt een ideale behuizing voor twee volledige zeskanaals analoog/digitaalomzetters. Wat we er allemaal mee kunnen doen, bekijken we in de volgende hoofdstukken.



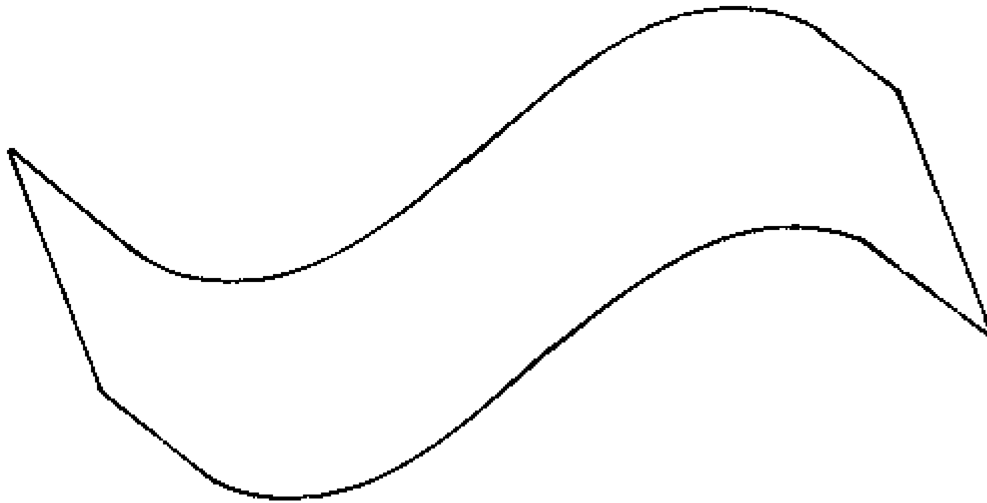
Afb. 3.11. De basisprint

4 Het weer

Ongetwijfeld is het weer het meest besproken, dagelijks terugkerend, onderwerp. Voortaan zullen we met meer autoriteit aan deze belangrijke discussies kunnen deelnemen. Na het lezen van dit hoofdstuk zijn we namelijk eigenaar van een weerstation. Vooropgesteld dat de soldeerbout tijdens het lezen goed heet gestookt is en er geen stagnatie in de onderdelenvoorziening optreedt.
Elke elektronicawinkel heeft tegenwoordig wel een bak met zeer goedkope cassetterecorderloopwerkjes liggen. Ook losse motortjes zijn volop in de dump verkrijgbaar voor een paar gulden. Behalve dat deze motortjes kunnen draaien als we er stroom instoppen, kunnen ze ook elektriciteit opwekken als weer aan draaien. Dat is aardig te illustreren door een LED vast tesolderen aan de aansluitdraden. Bij het draaien aan de as licht de LED op. Niet? Dan zijn er twee mogelijkheden:

• De LED is stukgegaan omdat er iets te fanatiek gedraaid werd.
• De draairichting was niet correct, probeer het eens de andere kant op.

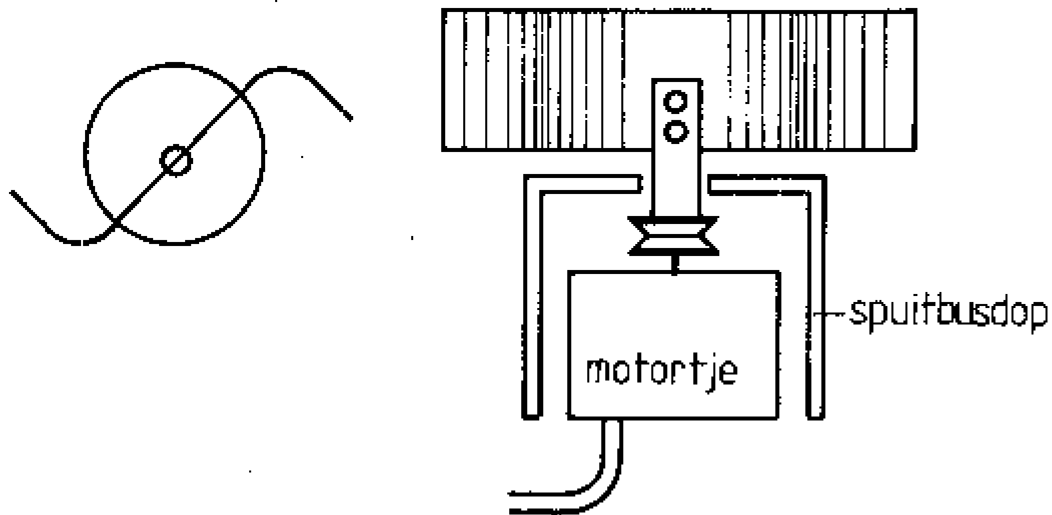
Een recordermotortje is uitstekend als gelijkstroom dynamo te gebruiken. Niet dat er enige energie van belang aan kan worden onttrokken. Daarvoor is een steviger type motor nodig. Maar met de afgegeven spanning kunnen we leuke dingen doen. Deze spanning is afhankelijk van de snelheid waarmee de as wordt aangedreven.
Als toerentalmeter hoeven we niet veel anders te doen dan de motor op een AD-kanaal aan te sluiten en er stevig aan te draaien.



Afb. 4.1. Een gebogen plaatje als windvanger

Mechanische windsnelheidsmeters zijn gebaseerd op de meting van het toerental van een door de wind aangedreven element. Zeer bekend is het instrument dat de mooie naam 'anemometer' draagt en bestaat uit enkele halve bol-
letjes die met een stangetje aan een as zijn verbonden.
Natuurlijk is zoiets zelf in elkaar te zetten met gehalveerde pingpongballetjes en een tube lijm. Van de elektronicus is echter bekend dat hij zijn gemis aan handigheid tracht te verbergen door driftig met zijn soldeerbout tussen de onderdelen te steken, onder het

mompelen van onbegrijpelijke kreten als 'even een enpee-ennertje in de takkenbos vastbakken', 'de voeding is eruit gepiept' of 'ruikikrook?'. ;



Afb. 4.2. De gemonteerde windmeter

Echte knutselprojecten zijn in een elektronicaboek dan ook uit den boze. Nog afgezien van het feit dat bewegende dingetjes en ander niet 'solid-state' spul maar weinig populariteit kan afdwingen bij de verwoede siliciumfanaat. Een speciale uitvoering van een mechanische windsnelheidsmeter die zelfs voor een elektronicus na te bouwen is, bestaat uit niet meer dan een merkwaardig gebogen stukje blik, aluminiumplaat of plastic. Een stukje PVC-afvoerbuis is heel goed te gebruiken. Het hoeft alleen maar overlangs doorgezaagd en met de motoras verbonden te worden. De verbinding met de motoras kan met een soldeerbout goed worden geklaard. Als bescherming tegen nattigheid en andere elektronica-onvriendelijke zaken dient de dop van een spuitbus. Op het motorasje zit normaal gesproken een messing poelie. We zetten er een messing afstandsbusje op en solderen dat vast. Het is handig er van te voren twee gaatjes in te boren zodat de windvangers er met M3-boutjes aan vast kunnen worden gezet (zie afb. 4.2).
Behalve voor het meten van windsnelheid kan het apparaatje ook op bruiloften en partijen ingezet worden als blaasmeter. Wie haalt de Kop van Jut?

```
10 REM KOP VAN JUT
20 ON SPRITE GOSUB 290
30 SPRITE ON
40 SCREEN 2,1 : COLOR 1,10,10 : CLS
50 LINE(110,170)-(130,0),9,BF
60 LINE(110,170)-(130,0),,B
70 FOR I=0 TO 14
80 LINE(117,160-10*I-(123,160-10*I)
90 NEXT I
100 LINE(100,190)-(160,171),6,BF
110 LINE(100,190)-(160,171),,B
```

```
120 CIRCLE(150,168),10,1,0,3.1,1.4
130 LINE(144,168)-(156.168)
140 PAINT(150,167)
150 LINE(149,172)-(151,160),,BF
160 FOR S=l TO 2
170 A$=""
175 FOR I=1 TO 8:READ A
180 A$=A$+CHR$(A)
185 NEXT I
190 SPRITE$(S)=A$
200 NEXT S
210 X=110+RND(1)*5 : Y=0+RND(1)*5
220 YY=150-PDL(1)/1.5
230 PUT SPRITE 0,(X,Y),15,1
240 PUT SPRITE 1,(112,YY),4,2
250 ON SPRITE GOSUB 290
260 GOTO 210
270 DATA 36,126,129,165,66,90,36,24
280 DATA 24,60,90,153,24,24,60,90
290 SOUND 7,0 : SOUND 9,0
300 FOR S=0 TO 63
301 SOUND 0, : SOUND 1,0 SOUND 2,0 : SOUND 3,0
302 SOUND 4,0 : SOUND 5,0 SOUND 6,15 : SOUND 7,3
303 SOUND 9,16 : SOUND 10,16 SOUND 11,0
304 SOUND 12,10 : SOUND 13,0
305 NEXT S
310 FOR X=16 TO 0 STEP -.05 : SOUND 8,X : NEXT X
320 FOR I=1 TO 10
330 PUT SPRITE 0,(110+6*I,Y+1.7*1^2),6,1
340 NEXT I
350 PUT SPRITE 1,(112,150),15,2
360 RETURN
```

Hoewel het aloude kermisspel best leuk is, leidt het ons aardig af van het ge stelde doel. Om weer in het juiste spoor te komen, zullen we een echt weerpro gramma maken. De windsnelheid wordt via het scherm op zeer realistische wijze aan ons bekend gemaakt. Door middel van wat grafische grappen krijgen we een goede indrukvan wat erzich buiten, boven ons hoofd afspeelt.

```
10 REM WOLKEN OP DE VLUCHT
20 SCREEN 2,2 : COLOR 10,4,4 : CLS
30 OPEN "grp:" AS #1
40 CIRCLE (180,35),15
50 PAINT (180,35)
60 PSET(170,30) :COLOR1 :PRINT #1,"o o"
70 PSET(170,29),10 : PRINT#1,". ."
```

```
80 CIRCLE (180,35),10,1,3.7,5.7
90 FOR S°l TO 2
100 A$=""
105 FOR 1=1 TO 32:READ A:A$=A$+CHR$(A):NEXT 1
106 SPRITE$(S)=A$ : SPRITE$(S+2)=A$
107 SPRITE$(S+4)=A$
108 NEXT S
110 X=X+PDL(1)/20
120 PUT SPRITE 0,(X,30),15,1
130 PUT SPRITE 1,(X+16,30),15,2
140 PUT SPRITE 2,(X+40,40),14,3
150 PUT SPRITE 3.(X+56,40),14.4
160 PUT SPRITE 4,(X+80,20),15,5
170 PUT SPRITE 5,(X+96,20),15,6
180 GOTO 110
190 'linkerdeel wolk
200 DATA 28,127,255,255,255,127,127,63
210 DATA 31.31,31,15,7,1.0,0
220 DATA 0,1,251,255,255,255,255,255
230 DATA 255,255,255,255,255,227,0,0
240 'rechterdeel wolk
250 DATA 0,192.248,254,255,255,255.255
260 DATA 255,255,255,255,249,240,0,0
270 DATA 0,0,28,126,255,255,255,255
280 DATA 255,255,254,254,252,120,0,0
```

Voor het uitproberen van de in dit hoofdstuk beschreven programma's hoeven we ons niet steeds blauwe vlekken voor de ogen te blazen. Ook is het niet nodig voor elk experiment het dak op te gaan met het zelfgeknutselde apparaatje in de ene hand, de dakgoot in de andere en het angstzweet op ons voorhoofd. We pakken gewoon een ventilator of een fohn en zetten het windmetertje ervoor. Door de hand in de windstroom te houden regelen we op comfortabele wijze het weer.

Het volgende programma beschrijft een windsnelheidsmeter waarmee niet slechts de windsnelheid afte lezen is. Gedurende een bepaalde tijd, bijvoorbeeld een dag, wordt een windsnelheidsdiagram op het scherm opgebouwd. Na het vullen van het scherm wordt de informatie op disk (of cassette) gezet. Over langere perioden kan zo windsnelheidsinformatie worden vastgelegd. Door goed gebruik te maken van de grafische mogelijkheden van onze MSX kan het beeld op passende wijze worden aangekleed.

```
10 REM DATABANK VOOR WINDSNELHEDEN
20 SCREEN 2 : COLOR 1,12,10 : CLS
30 MAXFILES=2
40 DIM W(144),TIJD(144)
50 GET DATE D$
```

```
60 OPEN "GRP:" AS #1
70 PSET(30,10),12 : PRINT #1,"SCHAAL VAN BEAUFORT"
80 COLOR 15
90 FOR I=0 TO 12
100 IF I<10 THEN XX=10 ELSE XX=2
110 IF I/2=INT(I/2) THEN PSET(XX,146-10*1),12 : PRINT#1,I
120 LINE(30,150-10*1)-(173.150-10*1),15
130 NEXT I
140 FOR I=0 TO 12
150 LINE(30+12*I,150)-(30+12*I,30)
160 IF I/2=INT(I/2) THEN PSET(18+12*1,160),12 : PRINT#1,I
170 NEXT I
180 COLOR 1
190 PSET(150,172),12 : PRINT #1,"TIJD"
200 GET TIME T$ : TIJD=VAL(MID$(T$,4,2))
210 FOR W=1 TO 144
220 W(W)=PDL(1)/2
230 WT=WT+W(W)
240 WGEM=WT/W
250 COLOR 12
260 LINE(195,125)-(232,142),1,BF
270 COLOR 15
280 PSET(196,130),1 : PRINT #1,INT(WGEM)/10
290 LINE(30+W,149)-(30+W,149-W(W)),15
300 LINE(180,149)-(184,0),12,BF
310 LINE(180,149)-(184,149-WGEM),10,BF
320 PSET(190,20),12 : COLOR 12 : PRINT#1,"—————————" 'GRAPH P
330 GET TIME T$ : COLOR 15 : PSET(190,20),12 : PRINT#1,T$
340 T$=MID$(T$,4,2) : TIJD(W)=VAL(T$)
350 •*********** VERWIJDER TIJDENS PROBEREN
360 ************ DE VOLGENDE REGEL
370 IF TIJD(W)< >TIJD+5 THEN 320
380 TIJD=TIJD(W)
390 NEXT W
400 D$=MID$((D$),4.2)
410 OPEN "WIND"+D$+".DAT" FOR OUTPUT AS #2
420 PRINT #2,WGEM
430 FOR W=1 TO 144
440 PRINT #2,W(W)
450 NEXT W
460 CLOSE
470 CLS : GOTO 10
```

In het programma kunnen drempels worden gebouwd bij bepaalde windsnelheden. Behalve voor alarmeringsdoeleinden kunnen ook functies worden geschakeld. Bijvoorbeeld het sluiten van een raam bij windkracht 12. In een an-der hoofdstuk komen

besturings- en schakelfuncties nog uitgebreid aan de orde.
Met het volgende programma kan de opgeslagen informatie naderhand weer worden uitgelezen. De in te geven datum bepaalt van welke dag de windsnel-heden zichtbaar worden gemaakt.

```
10 REM DATABANK VOOR WINDSNELHEDEN
20 REM UITLEESPROGRAMMA
30 SCREEN 2 : COLOR 1,12,10 : CLS
40 MAXFILES=2
50 DIM W(144),TIJD(144)
60 OPEN "GRP:" AS #1
70 CLS : PSET(10,1),12 : PRINT#1,"WELKE DAG (01-31)";
80 D$=INPUT$(2)
90 CLS
100 PSET(30,10),12 : PRINT#1,"SCHAAL VAN BEAUFORT"
110 COLOR 15
120 FOR I=0 TO 12
130 IF I<10 THEN XX=10 ELSE XX=2
140 IF I/2=INT(I/2)THEN PSET(XX,146-10*1),12 : PRINT #1,1
150 LINE(30,150-10*I)-(173,150-10*1),15
160 NEXT I
170 FOR I=0 TO 12
180 LINE(30+12*I,150)-(30+12*1,30)
190 IF I/2=INT(I/2) THEN PSET(18+12*1,160),12 : PRINT #1,1
200 NEXT I
210 COLOR 1
220 PSET(150,172),12 : PRINT #1,"TIJD"
230 OPEN "WIND"+D$+".DAT" FOR INPUT AS #2
240 INPUT #2,WGEM
250 LINE(195,125)-(232,142),1,BF
260 COLOR 15
270 PSET(196,130),1 : PRINT #1,INT(WGEM)/10
280 COLOR 15 : PSET(190,20),12 : PRINT #1,"DAG "D$
290 FOR W=1 TO 144
300 INPUT#2,W(W)
310 LINE(30+W,149)-(30+W,149-W(W)),15
320 NEXT W
330 GOTO 330
```

Nu we een weerstation hebben met kleurrijke grafische weergavemogelijkhe-den, opslagvoorzieningen en alarmeringen is er geen enkele reden meer aan-
wezig voor oponthoud in de buitenlucht. Een beetje hobbyist met program-meeraspiraties kan de programma's aankleden met een donderend onweer:

```
10 REM ONWEER
20 SCREEN5 : COLOR 15,4,1 : CLS
```

```
30 'VOOR MSXl SCREEN 2
40 FOR N=1 TO 30
50 R=RND(1)*250
60 CIRCLE(R,0),RND(1)*50,1
70 PAINT(R,1),1
80 NEXT N
90 FOR I=1 TO 5
100 LINE(200,30)-(125,100)
110 LINE(125,100)-(145,95)
120 LINE(145,95)-(70,170)
130 LINE(200,30)-(125,100),4
140 LINE(125,100)-(145,95),4
150 LINE(145,95)-(70,170),4
160 NEXT 1
170 SOUND 7,0 : SOUND 9,0
180 FOR S=0 TO 63
190 SOUND 0,0 : SOUND 1,0 : SOUND 2,0 : SOUND 3,0
200 SOUND 4,0 : SOUND 5,0 : SOUND 6,15: SOUND 7,3
210 SOUND 9,16: SOUND 10,16: SOUND 11,0 : SOUND 12,10
220 SOUND 13,0
230 NEXT S
240 FOR X=16 TO 0 STEP -.05 : SOUND 8,X : NEXT X
250 GOTO 90
```

Of een fikse regenbui:

```
10 REM REGENBUI
20 SCREEN 2 : COLOR 1,4,1 : CLS
30 OPEN "GRP:" AS #1
40 CIRCLE(180,35),15,10
50 PAINT(180,35),10
60 PSET(170,30),10:PRINT#1,"o o"
70 PSET(170,29),10:PRINT#1,". ."
80 CIRCLE(180,35).10,1,3.7,5.7
90 COLOR 7
100 FOR I=1 TO 1000
110 X=RND(1)*255 : Y=RND(1)*190
120 PSET(X,Y),4
130 PRINT #1,"/"
140 NEXT I
```

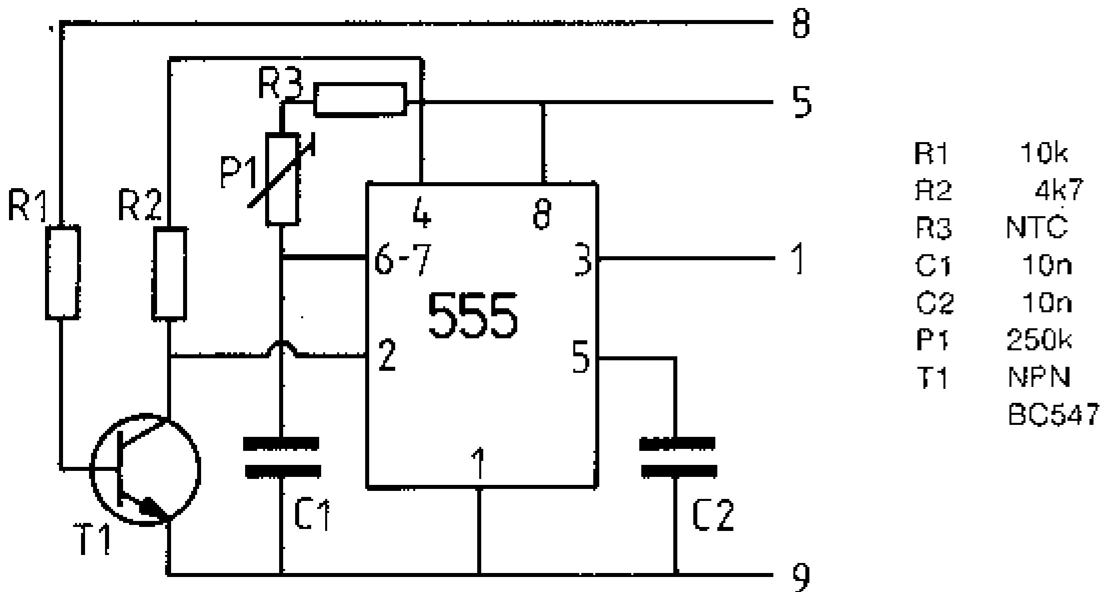
Om dit laatste programma nog wat realistischer te ondergaan, monteren we een elektrisch bediende waterafsluiter in de doucheleiding en nemen plaats onder de sproeier. Uiteraard wordt de temperatuur van het gesimuleerde regenwater naar een prettig niveau geregeld.

Voor het ijken van een windmeter is een min of meer nauwkeurig instrument nodig. In

vrijwel elk gezin kan tegenwoordig zo'n apparaatworden aangetroffen. Hoewel de vorm en uitvoering sterk afhankelijk zijn van persoonlijke voorkeuren en het inkomen, behoort een redelijk nauwkeurige windsnelheidsme-ter tot de door de wet voorgeschreven standaard-uitrusting. Om een lang verhaal kort te maken: Neem het windmetertje, samen met een universeelmeter mee voor een ritje in de auto. Steek hem zo ver mogelijk uit het raam en noteer de snelheid en de afgegeven spanning. Het verdient aanbeveling de vereiste handelingen in gezelschap uit te voeren. Nog afgezien van het voorkomen van ongecontroleerde manoeuvres is het voor een enigszins betrouwbare ijking beter als het verkeer niet als storende factor in het spel is.Er is vast wel iemand te vinden die bij u in de auto durft.

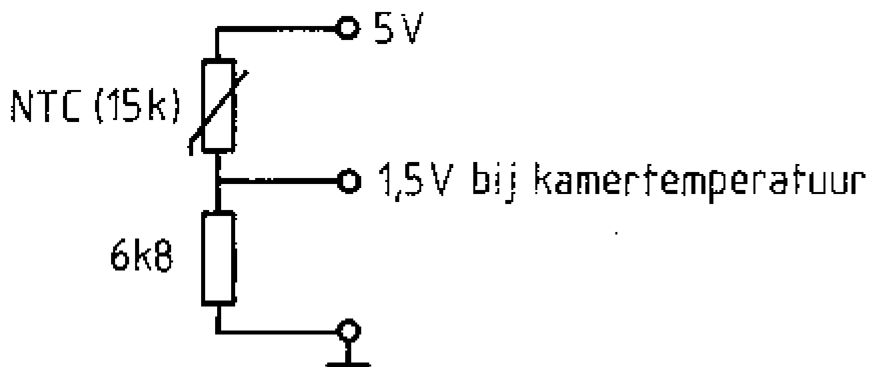
5 De temperatuur vastgelegd

Bij een weerstation hoort uiteraard de registratie van de temperatuur. Nu kunnen we de eerder beschreven weerstandsmeter uitstekend aanpassen door een NTC in de schakeling op te nemen.
Een NTC is een weerstand met een negatieve temperatuurcoëfficiënt. Hoe warmer hij het heeft, des te lager de weerstandswaarde.



Afb. 5.1. Een NTC als tijdbepalend element

Nu we echter de beschikking hebben over een aantal spanningsmeters op een basisprint, is het voor de hand liggend een voorschakeling te verzinnen waar-mee temperatuur in een spanning wordt omgezet. Dat kan betrekkelijk eenvoudig door een NTC op te nemen in een weerstandsdeler (afb. 5.2).



Afb. 5.2. Temperatuurgevoelige weerstandsdeler

Door de andere tak van de weerstandsdeler instelbaar te maken, kan het geheel zodanig

worden ingesteld dat het midden van het te meten temperatuur-gebied ongeveer 100 eenheden aangeeft. Omdat meetwaarden met de com-
puter kunnen worden bewerkt, is de ingestelde weerstandswaarde niet erg belangrijk. Een weerstand die ervoor zorgt dat bij kamertemperatuur een spanning van ongeveer 1,5volt op het knooppunt staat is zo uit te rekenen. Bij een NTC-waarde van 15 k bij kamertemperatuur is de bijbehorende weerstand 6,4 k. Een weerstand van 6,8 kQ ligt het dichtst in de buurt. Met het volgende programma zetten we een thermometer op het beeld scherm van onze MSX-computer.

```
10 REM THERMOMETER
20 SCREEN 2,1 : COLOR 1,4,7 : CLS
30 OPEN "GRP:" AS #1
40 LINE(100,0)-(140,192),1,BF
50 FOR i=1 TO 9
60 LINE(105,20*I)-(110,20*I),15
70 PSET(75,20*i-3),4
80 COLOR 15
90 PRINT#1,60-10*I
100 NEXT I
110 FOR I=5 TO 44
120 LINE(107,4*I)-(110,4*I),15
130 NEXT I
140 LINE(128,180)-(133,120),8,BF
150 LINE(128,119)-(134,80),2,BF
160 LINE(128,79)-(133,20),8,BF
170 S$=""
180 FOR I=1 TO 8 : READ S : S$=S$+CHR$(S) : NEXT I
190 SPRITE$(1)=S$
200 C=192/155 ' correctie factor
210 Y=PDL(1)
220 PUT SPRITE 0,(111,Y),7,1
230 IF Y>115 OR Y<75 THEN BEEP
240 GOTO 210
250 DATA 16,32,64,255,64,32,16,0
```

Een sprite in de vorm van een pijl geeft de temperatuur aan. Het gebied tussen 0 en 20 °C is als veilig aangegeven. Komt de wijzer hierbuiten, dan klinkt een geluidssignaal.

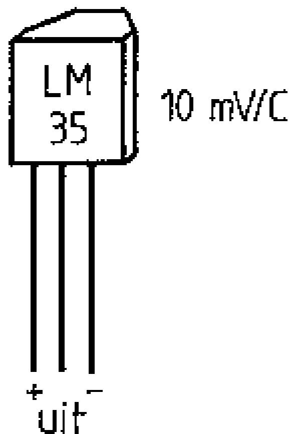
Programma's waarin gegevens van buiten worden verwerkt, kunnen na het intypen het best getest worden met de schakeling uit hoofdstuk 1. Pas als het programma zelf in orde is, sluiten we de externe signalen aan.

Voor de registratie van temperaturen kan het windmeterprogramma eenvoudig worden aangepast.

```
10 REM DATABANK VOOR TEMPERATUREN 20 SCREEN 2 : COLOR 1,12,10 :
CLS 30 MAXFILES=2
```

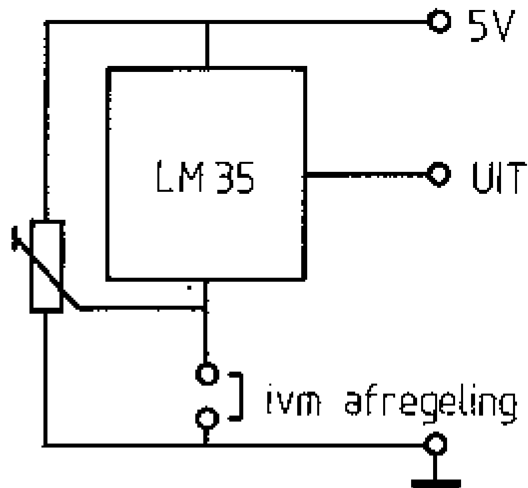
```
40 DIM W(144),TIJD(144)
50 GET DATE D$
60 OPEN "GRP:" AS #1
70 PSET(30,10),12 : PRINT #1,"GRADEN CELCIUS"
80 COLOR 15
90 FOR I=0 TO 8
110 IF I/2=INT(I/2) THEN 120
115 PSET(2,146-15*I),12 : PRINT #1,I*10-30
120 LINE(30,150-15*I)-(173,150-15*I),15
130 NEXT I
140 FOR I=0 TO 12
150 LINE(30+12*I,150)-(30+12*I,30)
160 IF I/2< >INT(I/2) THEN 170
165 PSET(18+12*I,160),12 : PRINT#1,I
170 NEXT I
180 COLOR 1
190 PSET(150,172),12 : PRINT #1,"TIJD"
200 GET TIME T$ : TIJD=VAL(MID$(T$,4,2))
210 FOR W=l TO 144
220 W(W)=PDL(1)/2.125
230 WT=WT+W(W)
240 WGEM=WT/W
250 COLOR 12
260 LINE(195,125)-(232,142),1,BF
270 COLOR 15
280 PSET(196,130),1 : PRINT #1,INT(10*(WGEM/1.5-30))/10
290 LINE(30+W,149)-(30+W,149-W(W)),15
300 LINE(180,149)-(184,0),12,BF
310 LINE(180,149)-(184,149-WGEM),10,BF
320 PSET(190,20),12 : COLOR 12 : PRINT #1,"                ": 'GRAPH-P'
330 GET TIME T$ : COLOR 15 : PSET(190,20),12 : PRINT#1,T$
340 T$=MID$(T$,4,2) : TIJD(W)=VAL(T$)
350 ********* VERWIJDER TIJDENS PROBEREN
360 ********* DE VOLGENDE REGEL
370 IF TIJD(W)< >TIJD+5 THEN 320
380 TIJD=TIJD(W)
390 NEXT W
400 D$=MID$((D$),4,2)
410 OPEN "TEMP"+D$+".DAT" FOR OUTPUT AS #2
420 PRINT#2,WGEM
430 FOR W=l TO 144
440 PRINT#2,W(W)
450 NEXT W
460 CLOSE
470 CLS : GOTO 10
```

Aan dit programma zijn enkele veranderingen ten opzichte van het windmeterprogramma aangebracht. Aan de hand van deze wijzigingen is het aanpassen van het uitleesprogramma zo gebeurd.
De hier gegeven ijkwaarden kunnen voor elke NTC/weerstand-combinatie wat afwijken, Uitproberen dus.
Voor het meten van temperaturen kan ook gebruik worden gemaakt van een speciaal voor dit doel ontwikkelde opnemer.



Afb. 5.3. Temperatuuropnemer in transistorbehuizing

De LM35 bevindt zich in een transistorbehuizing en heeft drie aansluitingen: voeding, massa en uit. Deze zou dus rechtstreeks op een ingangsversterker passen. De spanning die een LM35 afgeeft, is afhankelijk van de temperatuur. Voor elke graad temperatuurverhoging komt er 10 mV bij. Intern is tempera-tuuropnemer zodanig afgeregeld dat de uitgang geen spanning afgeeft bij 0 °C. Zonder extra maatregelen kunnen er dan ook geen temperaturen beneden het vriespunt worden gemeten. Door de toevoeging van een instelpotentiometer kan het nulniveau worden verschoven waardoor het temperatuurtraject instelbaar is, ook beneden 0 °C.



Afb. 5.5. LM35 met zwevende aarde

Door de massa van de LM35 tijdelijk aan de echte voedingsnul te leggen, kan de schakeling met de versterkingsinstelling op de ADC-print worden geijkt. Het getal dat door de computer wordt gelezen, kan zo in overeenstemming
worden gebracht met de bovengrens van het te bewaken temperatuurgebied. Na het wegnemen van de tijdelijke verbinding kan het hele temperatuurtraject worden verschoven, zonder dat de ingestelde ijking verandert. Het spreekt voor zich dat een temperatuurmeter op veel meer plaatsen kan worden ingezet dan alleen een weerstation. Een aquarium vraagt ook om een nauwkeurige temperatuurbewaking. De echte computerfanaat laat zich echter niet zo gemakkelijk verleiden tot de aanschaf van een tijdrovend aquarium. De ongekende pracht van tropische vissen kan veel efficiënter worden bewonderd en bestudeerd vanachter een andere glazen ruit. Juist, de ruit van het beeldscherm.

```
10 REM VIS
20 SCREEN 2,2 : COLOR 1,12,12 : CLS
30 FOR X=10 TO 200 STEP RND(1)*100
40 FOR P=l TO 40
50 3=RND(1)*10
55 IF P/10< >INT(P/10) THEN 60
56 CIRCLE(3*25,191),S*5,S*1.4,,,.5
57 PAINT(3*25,191).3*1.4
60 CIRCLE(X,192-RND(1)*170),RND(1)*10,1,0,1.5
70 CIRCLE(X+15,192-RND(1)*170),RND(1)*1,1,1.5,3
80 NEXT P,X
90 FOR I=1 TO 4
100 S$=""
110 FOR A=l TO 32 : READ 3 : S$=S$+CHR$(3) : NEXT A
120 SPRITE$(I)=S$:SPRITE$(I+4)=S$
130 NEXT I
140 DATA 3,15,31,61,118,102,102,254,246,77,63,31,7
```

```
142 DATA 0,0,0,224,248,254,255,255,255,255,255,255
144 DATA 255,255,254,252,240,0,0
150 DATA 0,0,0,0,128,192.255,255,255,248,192,0,0,0,0
155 DATA 0,1,3,6,14,28,60,254,254,131,1,0,0,0,0,0,0
160 DATA 0,0,0,0,192,224.240,248,254,255,255,7.0,0,0
165 DATA 0,0,0,0,0,0,0,1,3,2,134,252,248,24.12.6,3
170 DATA 0,0,0,0,0,0,10,10,26,26,26,54,118,214,182
175 DATA 170,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
180 ST=2 : SR=3
190 FOR X=230 TO 0 STEP -1
200 Y=100+RND(1)*4
210 PUT SPRITE 1,(X,Y),10,1
220 PUT SPRITE 2,(X+15.Y),10,ST
230 IF X/10=INT(X/10) THEN SWAP ST,SR
240 PUT SPRITE 0,(X+RND(1)*2,Y+4),7,4
250 PSET(210,X/1.3-10),14
260 PSET(210,X/1.3-9),12
270 PSET(100,X/1.3-30),14
280 PSET(100,X/1.3-29),12
290 NEXT X
300 GOTO 190
```

Bij het aanschouwen van dit geweldige tafereel wanen we ons diep onder het oppervlak van de oceaan. Hier en daar zoekt een misterieus gasbelletje zijn weg naar het oppervlak. Geen zonnestraaltje dringt hier door... Het meten van het aantal uren zonneschijn is overigens al aan de orde geweest.

Er zijn nog meer elementen die het weer beschrijven. Een regenmeter is daar een voorbeeld van.Ook de luchtdruk is van belang. In beginsel kunnen we alle parameters die om te zetten zijn in een elektrisch signaal met de computer verwerken.

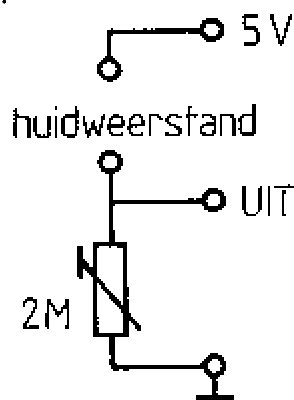
Nerveus geworden van zoveel mogelijkheden? Dat meten we dan in het volgende hoofdstuk.

6 Bio feedback en andere paramedische zaken

Het aardige van ons lichaam is dat er veel aan te meten valt. Er valt ook het een en ander aan te regelen. Met medicijnen, hypnose ofstroompjes kan dat vaak buiten gewoon goed. Er valt ook wel een en ander te ontregelen. Met een stevige stroominjectie rechtstreeks uit het net bijvoorbeeld. We komen op een gevaarlijk terrein. Het sleutelen aan lichaamsfuncties en processen is van oudsher voorbehouden geweest aan een selecte groep uit ons midden. Lange en ingewikkelde opleidingen vormen de basis van onze moderne geneeskunst. In het randgebied van deze 'officiële' geneeswijze treffen we een grote hoeveelheid opvattingen, technieken en leefwijzen aan. Zinnige en onzinnige zaken. Maar ook ideeën waarin wel eens iets waars zou kunnen zitten. Het ge-beurt dan ook regelmatig dat elementen uit dat randgebeuren worden toegevoegd aan het officiële medische arsenaal. Acupunctuur bijvoorbeeld. Nu zullen we ons in dit hoofdstuk niet wagen aan computergestuurde acupunctuurnaalden. Ook zullen we niet op een rechtstreekse manier met elektronica de hartslag proberen te beïnvloeden. We gaan er in dit hoofdstuk van uit dat de koppeling tussen elektronica en het lichaam veilig dient tezijn.Ook als er sprake is van een directe galvanische koppeling, zoals in de eerste schakeling waarmee we aan de hand van de huidweerstand zullen proberen leugenachtige personen op te sporen. We kunnen er ook mee proberen de gemoedstoestand te beïnvloeden.

6.1 Leugendetector

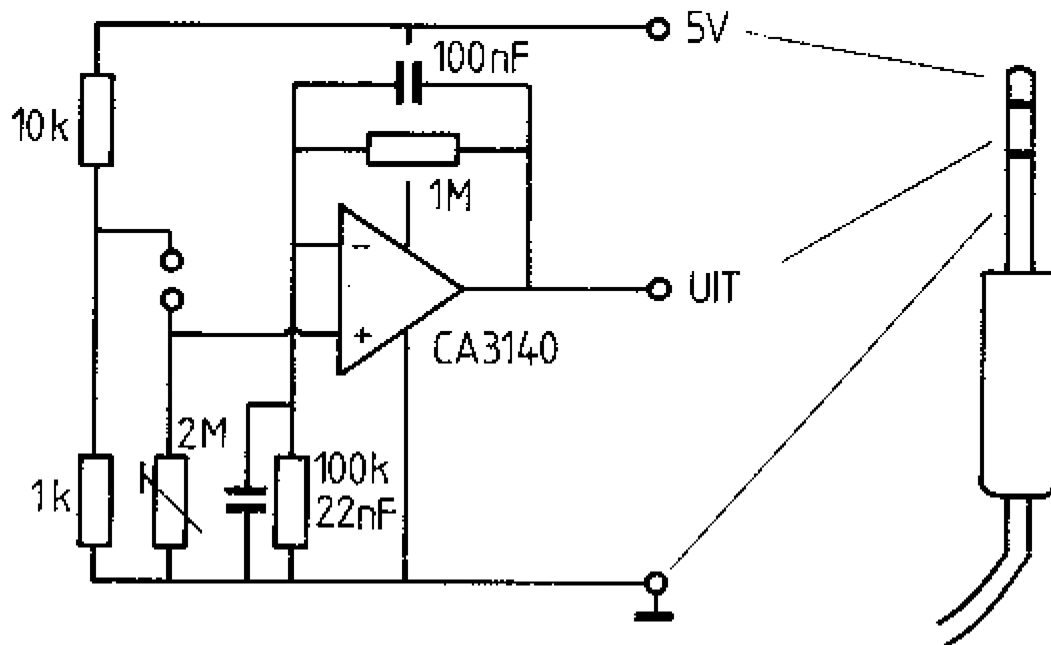
De weerstand van de huid ligt in de ordegrootte van enkele honderden kohm tot enkele Mohm. We zouden op een in een vorig hoofdstuk ontwikkelde analoge ingang een weerstandsdeler, waarvan de huid deel uitmaakt, kunnen zetten. We merken dan al gauw dat een beetje meer versterking wel prettig zou zijn, terwijl een hoge ingangsweerstand van de versterker ook wenselijk is. Met een hulpschakeling wordt de huid aangepast aan de computer.



Afb. 6.1. Huidweerstandmeter

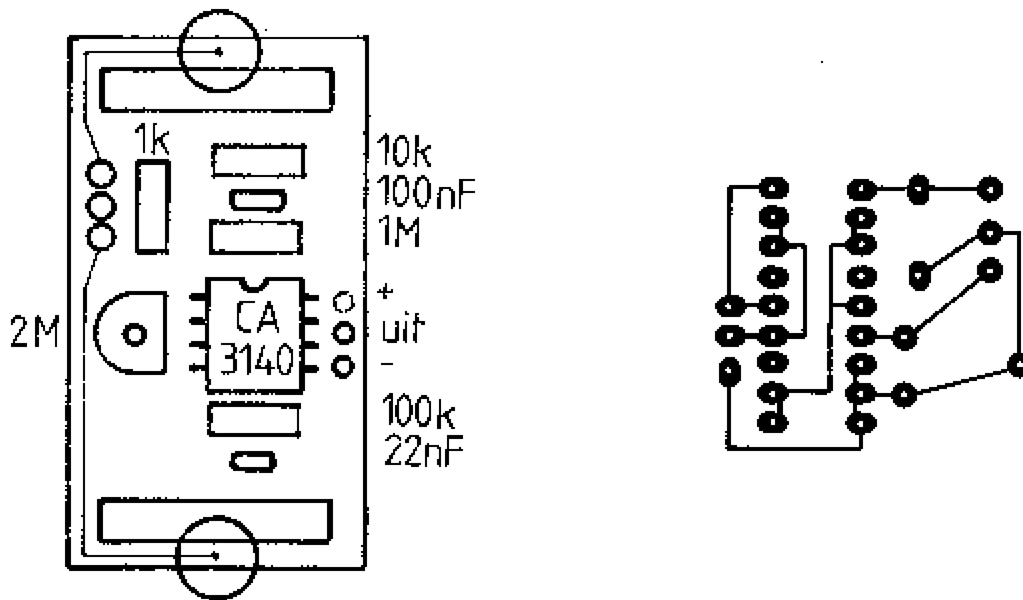
In het schema in afbeelding 6.2 is te zien dat de weerstandsbrug, waar de huid een onderdeel van is, nu wordt gevoed uit een zeer lage spanning. Door een tweede

weerstandsdeler is de voedingsspanning teruggebracht tot ongeveer een 0,5 V. Zelfs als we aan de elektroden zouden likken, geeft dat geen schokkende ervaring. Dat likken kan heel nuttig zijn om de elektroden te bevochtigen voor een beter huidcontact (scheercréme werkt nog beter).



Afb. 6.2. Leugendetector

Vanwege de hoog-ohmige ingang is als versterkertje een CA-3140 toegepast. Parallel aan de te-rugkoppelweerstand is een condensator geschakeld die zorgt voor onderdruk-king van hogere frequenties zoals netbrom. Hetzelfde doet de condensator aan de min-ingang. De draadjes naar de elektroden moeten zo kort mogelijk en bij voorkeur afgeschermd zijn. De afscherming wordt slechts aan één zijde ver-bonden, en wel met de aardpen die zich tussen de etektrodenaansluitingen bevindt. Als elektrode is een punaise heel bruikbaar. Door het printje zo te ont-werpen dat het aan een armriempje kan worden geregen, wordt niet alleen bereikt dat de aansluitingen kort zijn, we houden zo tevens de handen vrij. De meest stabiele werking wordt echter verkregen als we wijs-en middelvinger op de elektroden laten rusten. Het printje ligt hierbij gewoon op tafel. De drie draadjes die van de schakeling afkomen worden op de bekende wijze aan een stereo-hoofdtelefoonplug verbonden. De schakeling kan dan zonder meer met een analoog/digitaalomzetter worden verbonden.



Afb. 6.3. De printopbouw

Het gebruik van de schakeling vraagt wat uitleg. De huidweerstand wordt door een aantal factoren bepaald. Een belangrijk gegeven is de omgevingstemperatuur. Bij koud weer is de huid droog en heeft daardoor een hoge weerstand. Bij warm weer daarentegen probeert de huid door verdamping wat warmte kwijt te raken. De huid is dan nat, waardoor de weerstand laag is. Het idee om de schakeling dan maar als temperatuurmeter te gebruiken-met het lichaam als warmte/vocht-omzetter - is toch niet helemaal ideaal omdat zo'n systeem moeilijk te ijken is.
Een programma waarmee de nodige ervaring kan worden opgedaan, laat de kleur van het beeldscherm veranderen in samenhang met de huidweerstand en daarmee indirect de gemoedstoestand. Om te voorkomen dat door slecht of veranderend huidcontact een springerig beeld ontstaat, wordt steeds een honderdtal metingen verricht, waaruit een gemiddelde wordt bepaald.

```
10 REM BIO
20 SCREEN 2 : COLOR 7,1,1 : CLS
30 FOR I=1 TO 100
40 P=P+PDL(1)
50 NEXT I
60 P=P/100
70 IF P<240 THEN C=8
80 IF P<210 THEN C=10
90 IF P<180 THEN C=3
100 IF P<150 THEN C=2
110 IF P<120 THEN 012
120 IF P<90 THEN C=4
130 IF P<60 THEN C=5
140 IF P<30 THEN C=7
```

```
150 COLOR 1,C : CLS
160 PSET(P,1),15
170 PSET(P,2),15
180 PSET(P,3),15
190 GOTO 30
```

Een hoge huidweerstand (droge huid) komt overeen met de kleur blauw, terwijl een lage huidweerstand (angstzweet) een rood scherm laat zien. Begin met het verdraaien van de instelpotentiometer tot het scherm groen is. Boven in het beeld staat de naald dan ongeveer in het midden. Probeer maar eens of de kleur kan worden beïnvloed. Denk maar aan een rustige wandeling met het geluid van de zee op de achtergrond.

```
10 REM HET ROLLEN VAN DE BRANDING
20 FOR I=1 TO 15
30 SOUND 7,55
40 SOUND 8,1
50 FOR Q=1TO 100 : NEXT Q
60 NEXT I
70 FOR I=15 TO 1 STEP -1
80 SOUND 7,55
90 SOUND 8,I
100 FOR Q=1 TO 100:NEXT Q
110 NEXT I
120 GOTO 20
```

Of aan die heftige ruzie die u laatst had. Een lastig insekt is ook goed,

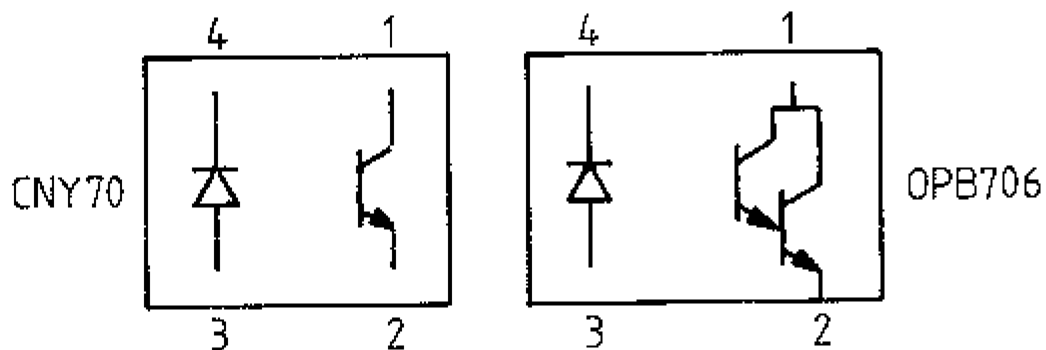
```
10 FOR P=1 TO 3
20 FOR 1=1 TO 5
30 FOR Q=1 TO 150:NEXT Q
40 SOUND 0,0 SOUND 1,5 : SOUND 2,0 : SOUND 3,13
42 SOUND 4,255 SOUND 5,15 : SOUND 6,30 : SOUND 7,0
44 SOUND 8,16 SOUND 9,16 : SOUND 10,16 : SOUND 11,0
50 SOUND 12,5 SOUND 13,0
60 FOR X=0 TO 30 : NEXT X
70 SOUND 12,56 SOUND 13,0
80 NEXT I
90 FOR Q=1 TO 400 NEXT Q
100 NEXT P
110 SOUND 0,87 : SOUND 7,62 : SOUND 8,16
120 SOUND 11,179: SOUND 12,45 : SOUND 13,14
```

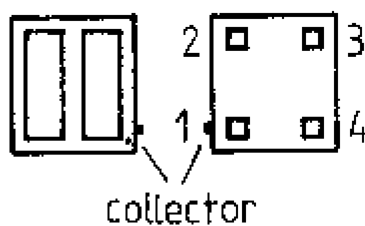
Bedenk dat uiterste concentratie en tijd bepalend zijn voor het succes van dit bio feedback-experiment. Het kan dus heel goed dat de reactie door ongeduld verstoord wordt. Mocht het idee rijzen dat er enkele uren soldeer- en compu-terwerk mee verspild zijn en voelt u hierdoor een opkomende woede, probeer de schakeling dan snel nog een

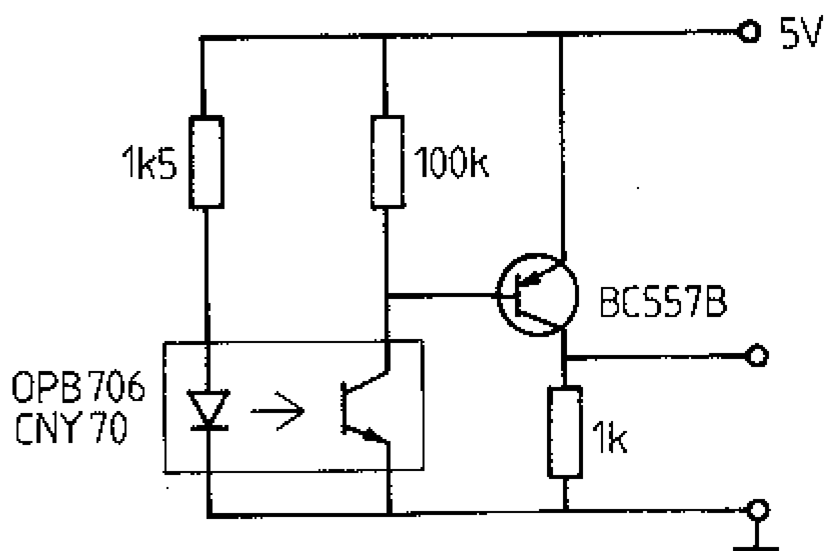
keer. Het scherm zal mogelijk een fraaie rode kleur uitstralen die opmerkelijke overeenkomst vertoont met uw gelaatskleur op dat ogenblik.

6.2 Vermoeidheidsmeter

Ons lichaam kent twee manieren om de spieren te gebruiken. We
kunnen kracht ontwikkelen en bewegingen maken. Grote krachten en ongedetailleerde bewegingen worden verzorgd door de grove motoriek. Fijnzinnige krachten en nauwkeurige bewegingen worden verzorgd door de fijne motoriek. Hoewel het over het algemeen dezelfde spieren zijn die voor beide functies worden gebruikt, is de nauwkeurigheid in het laatste geval een orde beter. We
kunnen zelfs zulke kleine en toch goed gecontroleerde bewegingen maken dat er een vergrootglas bij nodig is om ze nog te kunnen volgen. Denk maar aan een horlogemaker. Het goed kunnen gebruiken van onze fijne motoriek is belangrijk. Zo zijn we niet in staat goed te schrijven als we niet de volledige beheersing over het spierstelsel hebben. Is dit soms de Reden waarom computers en tekstverwerkers plotseling zo populair zijn geworden? De besturing van de fijne motoriek wordt analoog geregeld. Voor het regelen van analoge signalen is een terugkoppeling nodig. Bij het schrijven wordt de terugkoppellus gevormd door de oog/hand-coordinatie. Als we balanceren, verzorgt het evenwichtsorgaan in de oren het nodige terugkoppelsignaal. Vele factoren kunnen het regelsysteem verstoren. Blijvende storingen, invaliditeit, maar ook tijdelijke storingen. Probeer maar eens te schrijven na zware lichamelijke arbeid waarbij een nadrukkelijk beroep op de armspieren wordt gedaan. Gewichtsheffen of matten kloppen zouden voorbeelden kunnen zijn, hoewel het laatste wellicht niet meer bestaat.
Met een kleine schakeling kunnen we een aardig idee krijgen van de mate van vermoeidheid, die zich uit in ongecontroleerde bewegingen van onze fijne motoriek.

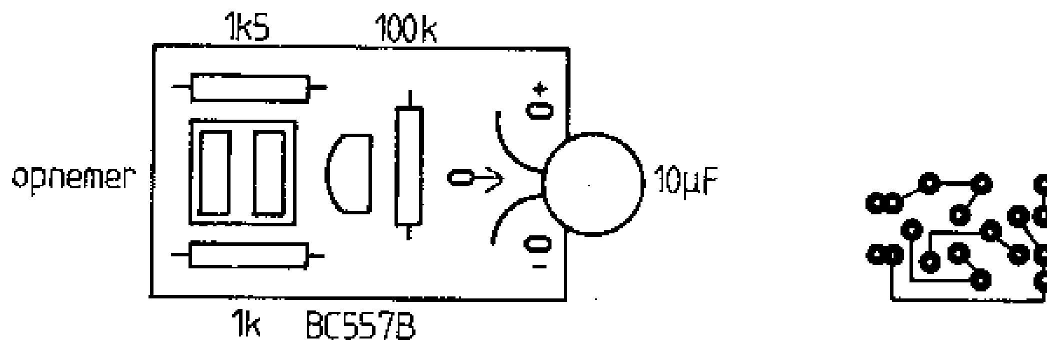






Afb. 6.4. Fotogevoelige opnemer

De schakeling in afbeelding 6.4 bestaat uit een element dat een infrarode LED en een infrarood fotodiode bevat. Het licht dat van de LED afkomstig is, wordt via een reflecterend oppervlak door de diode opgevangen. De fotostroom wordt met een transistor flink versterkt. Een tantaalelco zorgt voor een stabiele, bromvrije voeding. De in totaal zes onderdeeltjes vinden plaats op een miniprintje dat met een twee-aderig afgeschermd kabeltje via de stereoplug met een A/D-omzetter wordt verbonden (afb. 6.5).



Afb. 6.5. Print-layout

Met het volgende programma wordt de opnemer in werking gestelt.

```
10 REM OEFENING FIJNE MOTORIEK
20 SCREEN 2 : COLOR 15.4,4 : CLS
30 CLS
40 LINE(0,90)-(255,120),7,BF
50 PSET(0,100)
60 FOR X=1 TO 255
70 Y=192-PDL(1)
80 LINE-(X.Y)
90 NEXT X
100 GOTO 30
```

Breng een vinger vlak boven het infrarood element. De arm mag hierbij niet op de tafel steunen. Op het beeldscherm is het signaal zichtbaar. Probeer nu, door de vinger nauwkeurig te positioneren, het signaal binnen de grenzen te hou-den die door twee lijnen worden aangegeven. Probeer nu hetzelfde na een gymnastiekoefening waarbij u zich tienmaal opdrukt. Meer mag natuurlijk ook.

Deze schakeling leent zich bij uitstek als gezelligheidsmeter bij feestjes. Hoe later op de avond, hoe meer plezier. Het volgende programma is speciaal voor dit doel ontwikkeld. De clown zal meer moeite hebben zijn hoofd op de goede plaats te houden, naarmate de hoeveelheid geconsumeerd geestrijk vocht toeneemt. Het zal duidelijk zijn dat autorijden alleen is toegestaan als het hoofd onlosmakelijk met het lijf blijft verbonden.

```
10 REM FEESTMETER
20 SCREEN 2,3 : COLOR1,10,10 : CLS
30 X=100 : Y=100
40 LINE(0,0)-(255,30),7,BF
50 LINE(0,100)-(255,1920),3,BF
60 FOR SP=0 TO 2
70 S$=""
80 FOR 1=1 TO 32 : READ S : S$=S$+CHR$(S) : NEXT 1
```

```
90 SPRITE$(SP)=S$
100 NEXT SP
110 CIRCLE(115,120),30,12,,,1.8
120 PAINT(115,120),12
130 LINE(85,100)-(145,115),12,BF
140 LINE(112,80)-(119,90).15,BF
150 CIRCLE(105,150),8,6
160 PAINT(105,150),6
170 CIRCLE(125,150),8,6
180 PAINT(125,150),6
190 CIRCLE(77,107),8,15
200 PAINT(77,107),15
210 CIRCLE(152,107),8,15
220 PAINT(152,107),15
230 CIRCLE(115,100),2,15
240 PAINT(115,100),15
250 CIRCLE(115,108),2,15
260 PAINT(115,108),15
270 CIRCLE(115,116),2,15
280 PAINT(115,116),15
290 DATA 1,3,0,0,0,1,3,3,19,24,15,14,7,0,0,0,128,192
300 DATA 0,0,0,128,192,192,200,24,240,112,224,0,0,0
310 DATA 0,0,7,13,25,49,49,127,127,127,63,63,31,15,3,3
320 DATA 0,0,224,176,152,156,156,254.254,254,252,252
330 DATA 248,240,192,192,0,0,0,0,4,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
340 DATA 0,0,0,0,0,0,32,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
350 Y=0
360 FOR TRIL=1 TO 20
370 Y=Y+PDL(1)
380 NEXT TRIL
390 Y=Y/20
400 N=96-INT(Y/2.7) : PLAY "L64N"+STR$(INT(N))
410 PUT SPRITE 2,(X,Y),6,0
420 PUT SPRITE 3,(X,Y),15,1
430 PUT SPRITE 4,(X-1+RND(1)*2,Y-1+RND(1)*2),1,2
440 GOTO 350
```

Let erop hoe hier de PLAY-opdracht gebruikt is. Bij de N-optie kunnen de noten als getal worden gekozen. Het getal dient tussen 1 en 96 te liggen. Dit getal wordt hier afgeleid van de Y-coordinaat van het hoofd.
Het zal niet moeilijk zijn meer toepassingen voor de hier beschreven naderingsindicator te bedenken. In de volgende paragraaf wordt de schakeling uitgebreid met een versterker, waardoor de mogelijkheden nogmeer toenemen.

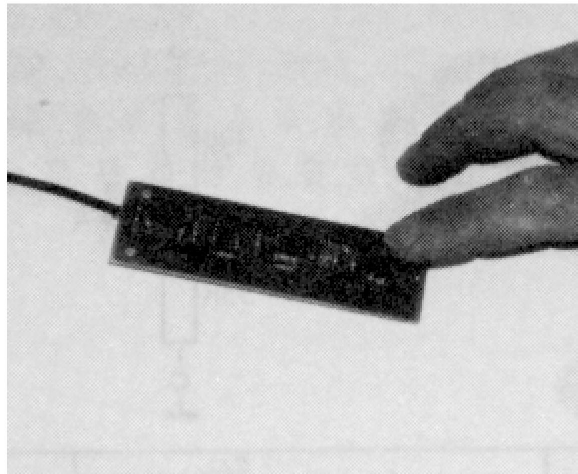
6.3 Hartslagmonitor

In dit hoofdstuk, waarin we de computer gebruiken om lichaamsfuncties te bekijken, mag een hartslagmonitor niet ontbreken. Bij veel benzinestations en wegrestaurants zien we tegenwoordig een automaat die tegen betaling van een gulden vertelt hoe het er met ons hart voorstaat. Met behulp van de in het voorafgaande beschreven schakeling kunnen we zelf ook zo iets in elkaar zetten. Door het gebruik van de computer kan er zelfs een zeer luxe uitvoering worden gemaakt. Het is uiteraard niet de bedoeling dat we als betrekkelijke leek op medisch gebied zelf conclusies gaan trekken ten aanzien van de hartfunctie. Daarvoor kunnen we beter een huisarts raadplegen. Toch is het nuttig zo af en toe eens stil te staan bij onze hartslag. Als we er gemakshalve van uitgaan dat het hart elke seconde een keer klopt, leert een rekensommetje dat het hart elk uur 3600 maal actief is. Per dag is dat 86400 maal. Per jaar is dat meer dan 30 miljoen maal. Gedurende een gemiddeld mensenleven tikt het hart dus meer dan twee miljard maal.
Gedurende elke pompslag varieert de bloeddruk in de aderen. Kleine bloed vaatjes zetten door de druksprong uit om vervolgens weer hun normale omvang aan te nemen. Deze fluctuatie heeft een kleine invloed op de lichtdoorlaatbaarheid van het weefsel waarin deze vaatjes zich bevinden. Klein, maar juist genoeg om met het opnemertje waar te kunnen nemen. Dat wil zeggen, na enige uitbreiding. Afbeelding6.6 laat zien wat we zoal nodig hebben voor een hartslagmonitor.

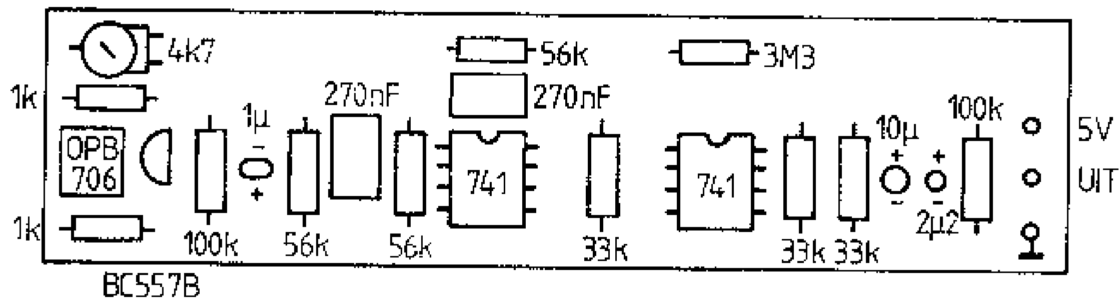

Afb. 6.6. Hartslagmonitor

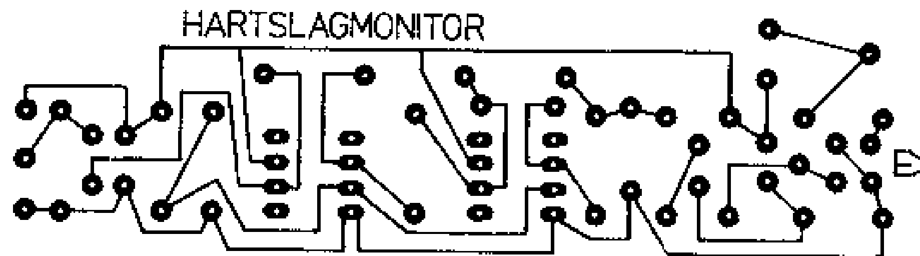
We willen kijken naar erg kleine fluctuaties. We moeten dan ook enige signaalversterking toepassen. Het signaal dat uit de reeds beschreven opnemer komt heeftechter een gelijkspanningscomponent.Als die ook wordt versterkt, loopt de schakeling al gauw vast. De gelijkspanningscomponent wordt tegengehouden door de seriecondensator achter de eigenlijke opnemer. Daar zijn we vanaf. Als we nu stevig zouden versterken, dient zich een volgend probleem aan. Door het strooiveld van het lichtnet overheerst de netbrom. Een filterschakeling rond de eerste OpAmp zorgt ervoor dat alleen zeer lage frequenties worden doorgelaten. De 50 Hz-netfrequentie wordt hierdoor keurig weggewerkt tot beneden een aanvaardbaar niveau. Het volgende versterkertrapje pept het signaal op tot een door de computer leesbare waarde. Ook hier wordt een wisselspanningskoppeling met de A/D-omzetter toegepast.
In de opnemerschakeling is een kleine maar belangrijke verandering aangebracht. De

LED-stroom kan met een instelpotentiometer worden gevarieerd. Dit is de enige afregeling die we nodig hebben.
Bij de toepassing van de opnemer in vorige paragrafen hebben we gezien dat de afstand van een voorwerp tot het infrarood element enkele millimeters mag bedragen. Bij de hartslag-monitor willen we echter niet naar de afstand kijken, we willen de lichtdoorlaatbaarheid van weefsel meten. Vanwege het gebruiksgemak meten we lichtdoorlaatbaarheid van een vingertopje.



De vingertop wordt dan ook rechtstreeks op het element gelegd. Het is een prettig verschijnsel dat de huid redelijk goed warmtestraling doorlaat (denk maar aan de infraroodlamp). Het grootste deel van het licht dringt het onder de huid liggende weefsel binnen en wordt daar diffuus teruggekaatst. De hoe-veelheid gereflecteerd licht is door de korte afstand zo groot dat de transistor-schakeling vastloopt. Door de lichthoeveelheid wat te knijpen, kan het transistortrapje zo worden ingesteld dat de uitgang ongeveer op het niveau van de halve voedingsspanning staat als de vinger op het element rust.
De complete schakeling past op een printje en wordt met een twee-aderig afgeschermd snoertje via een stereoplugje rechtstreeks met een omzetterprint
verbonden.



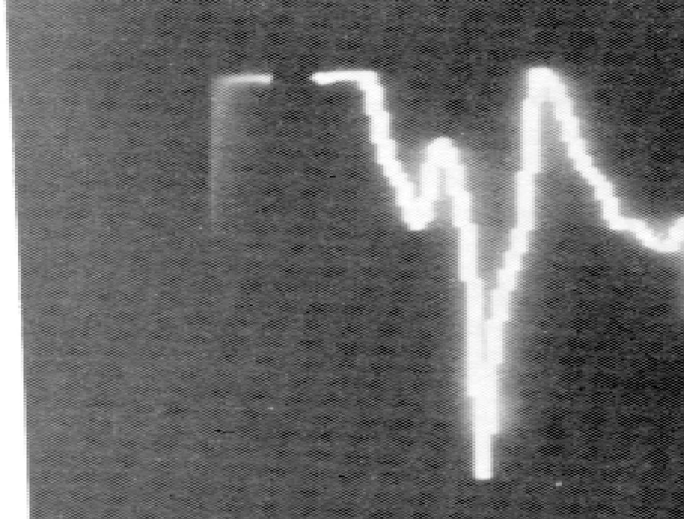


Afb. 6.8. Print-layout

De afregeling is het mooist als de gelijkspanning aan de emitter van de PNP transistor wordt gemeten met een universeelmeter. Laat een vingertop losjes op het element rusten en verdraai de instelpotentiometer tot er een spanning tussen2 V en 3 V wordt gemeten.Als dit teveel werk is,type dan het volgende programma in en verdraai de potmeter tot het beeld op het scherm zichtbaar wordt.

```
10 REM HARTSLAG
20 SCREEN 2 : COLOR 9,1.1 : CLS
30 PSET(0,0)
40 X=X+1
50 IF X=255 THEN X=0 : CLS : PSET(0,0)
60 Y=192-PDL(1)
70 LINE-(X,Y)
80 GOTO 40
```

Op het scherm zien we een curve verschijnen die als het ware de pompdruk van het hart weergeeft. De curve loopt van links naar rechts, vergelijkbaar met een oscilloscoop. Als het scherm is volgeschreven, wordt het gewist en de procedure herhaalt zich. Houd de vinger rustig op de meetcel en laat het scherm enkele malen volschrijven. Let daarbij op de hartslag, de pulsen zijn prachtig waar te nemen.



De hartfrequentie kan zeer sterk variëren. Deze is afhankelijk van de conditie die we hebben, maar ook van allerlei uitwendige oorzaken. Een schrikreactie doet de hartslag snel toenemen. Lichamelijke inspanning heeft grote invloed. In het volgende programma is een drempel ingebouwd.Op het scherm is deze drempel zichtbaar als een horizontale lijn. Zodra het signaal onder deze drempelwaarde komt, klinkt er een BEEP. Door de drempel scherp af te stellen op de onderpieken van het hartslagsignaal, klinkt een pieptoontje in het ritme van de hartslag. De plaats van de drempel kan naar wens worden aangepast door het getal in regel 30, dat de Y-coordinaat aangeeft, te wijzigen.

```
10 REM HARTSLAG 2
20 SCREEN 2 : COLOR 9,1,1 : CLS
30 DET=80
40 CLS
50 LINE(0,DET)-(255,DET),3
60 PSET(0,0)
70 FOR X=0 TO 255
80 Y=192-PDL(1)
90 IF Y>DET THEN BEEP
100 LINE-(X,Y)
110 NEXT X
120 GOTO 40
```

Ga rustig zitten en leg de vinger op de meter. Let op de frequentie. Maak nu snel achter elkaar tien diepe kniebuigingen en herhaal de meting.
De monitor kan dankbaar worden ingezet bij het beoefenen van sport. Het is daarbij interessant als de tijd kan worden gemeten die het hart nodig heeft om na een sportieve explosie weer tot rust te komen. Het zou ook aardig zijn als we een monitordiagram konden bewaren om deze na verloop van tijd met een andere te vergelijken. Een hartslagdatabank kan langzame veranderingen zichtbaar maken. Wat programma-ontwikkeling betreft is er dan ook nog genoeg plezier aan de monitor te beleven. Om een

eerste stap in de goede rich-ting te zetten, legt het volgende programma de hartslag vast op cassette, quick-disk of diskette.

```
10 REM DATABANK VOOR HARTSLAG
20 SCREEN 2 : COLOR 15,12,10 : CLS
30 MAXFILES=2
40 DIM W(255)
50 GET DATE D$
60 OPEN "GRP:" AS #1
70 PSET(20,10),12 : PRINT #1,"HARTSLAGMONITOR ";D$
80 COLOR 15
90 COLOR 1
100 PSET(0,100)
110 FOR W=l TO 255
120 W(W)=PDL(1)/2
130 COLOR 12
140 COLOR 15
150 LINE-(W,149-W(W)),15
160 NEXT W
170 PSET(10,180) : PRINT #1,"Opslaan (J/N)";
180 A$=INPUT$(1)
190 IF A$="J" OR A$="j" THEN 200 ELSE 10 200 LINE(0,170)-(255,192),6,BF 210
PSET(10,180),6 : PRINT #1,"Code (4 letters of cijfers)" 220 C$=INPUT$(4)
230 OPEN"HART"+C$+".DAT" FOR OUTPUT AS #2
232 PRINT #2,D$
240 FOR W=l TO 255
250 PRINT#2,W(W)
260 NEXT W
270 CLOSE
280 CLS : GOTO 10
```

De vastgelegde gegevens kunnen weer worden opgeroepen met een tweede programma dat er als volgt uitziet:

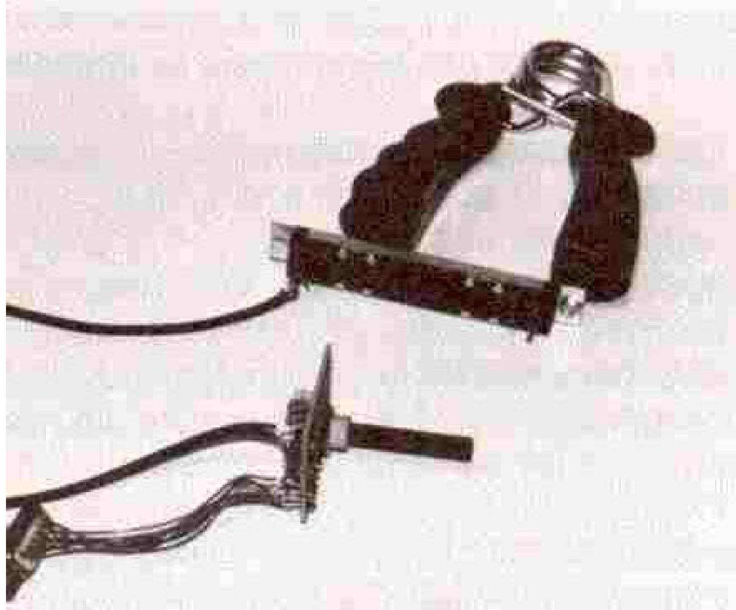
```
10 REM DATABANK VOOR HARTSLAG
20 SCREEN 2 : COLOR 15,12,10 : CLS
30 MAXFILES=2
40 DIM W(256)
60 OPEN"GRP:" AS #1
80 PSET(20,170),12
85 PRINT #l,"Code (4 letters of cijfers)" : C$=INPUT$(4)
90 COLOR 1
100 PSET(0,100)
102 OPEN "HART"+C$+".DAT" FOR INPUT AS #2
103 INPUT #2,D$
104 FOR W=l TO 255
```

```
105 INPUT #2,W(W)
106 NEXT W
107 CLOSE #2
110 FOR W=l TO 255
140 COLOR 15
150 LINE-(W,149-W(W)),15
160 NEXT W
170 LINE(0,170)-(255,192).9,BF
172 PSET(20,10),12 : PRINT #1,"HARTSLAG MONITOR ";D$
180 PSET(10,180),9
190 PRINT #1," CODE ";C$
280 GOTO 280
```

De gebruikte techniek is dezelfde als bij het weer- en windprogramma. De hartslag is redelijk goed te beïnvloeden door bio feedback toe te passen. Een goede oefening kan gedaan worden met het oscilloscoopprogramma dat in een eerder hoofdstuk is beschreven. De tijdbasis wordt zo langzaam moge-lijk gezet. Dat is de stand waarmee het programma begint. Door de triggerdrempel ongeveer halverwege in te stellen en het instrument op continue weergave te zetten, ontstaat een redelijk stabiel frequentiepatroon. Elke verandering van de hartslagfrequentie wordt nu duidelijk zichtbaar omdat het beeld in dat geval niet meer in fase loopt met de reeds geschreven signalen. Door te concentreren op het beeld en door de gedachten in een bepaalde richting te dringen (rust of opwinding) kan de hartslagfrequentie duidelijk worden beïnvloed worden. Als ontspanningsoefening in tijden van stress, zeer geslaagd.

6.4 Spierkrachtmeter

We hebben het gehad over hartslagmeting bij sportbeoefening. De sportman is niet alleen geïnteresseerd in het herstellingsvermogen van het hart. Ook de conditie van de spieren is van belang. De vermoeidheid van het spierstelsel is eerder in dit hoofdstuk al kwalitatief vastgelegd door te fijne motoriek te bestuderen. Met het opgebouwde arsenaal aan schakelingen is een veel directere methode mogelijk. Als voorbeeld zullen we het gedrag van de handspieren nemen. In elke sportzaak zijn trainingshulpmiddelen te verkrijgen waarmee het spierstelsel kan worden ontwikkeld. De handknijper is één van de goedkoopste hulpmiddelen op dit gebied. Afbeelding 6.10 laat zien hoe een lineaire schuifpotentiometer aan de veer is verbonden. De potentiometer wordt aangesloten op het miniweerstandsmeterprintje waarmee we onder andere al een tekenplank hebben gebouwd. Bij een handveer wordt de potentiometer ongeveer voor de helft benut. Door de weerstandswaarde tweemaal de oorspronkelijke waarde te nemen, 500 k in plaats van 250 k, wordt toch het volle bereik van de computerschaal benut. We zullen eens bekijken wat uw conditie waard is. De computer registreert genadeloos uitputtingsverschijnselen. We zullen ook eens bekijken hoe snel de conditie kan worden opgevoerd.



We beginnen onze carriere in body-building met enkele lichte vingeroefeningen. Het volgende programma biedt daar uitstekende mogelijkheden toe.

```
10 REM SPIERKRACHTMONITOR
20 SCREEN 2 : COLOR 15,6,6 : CLS
30 P0=PDL(1)
40 FOR X=1 TO 255
50 Y=192+P0-PDL(1)
60 LINE(X,192)-(X,Y)
70 FOR Q=0 TO 10:NEXT Q
80 NEXT X
90 CLS : GOTO 40
```

Knijp in de veer en zie, op het beeldscherm verschijnt de prestatie als een witte grafiek tegen een rode achtergrond. Wellicht bent u op de hoogte van het soort oefeningen dat snel stevige spierbundels kweekt. Afgestemd op zo'n oefeningenprogramma kan de nodige ondersteunende software worden ontwikkeld. Een duurtest kan er dan bijvoorbeeld zo uitzien:

```
10 REM SPIERKRACHTMONITOR
20 SCREEN 3 : COLOR 10,9,9 : CLS
30 OPEN "GRP:" AS #1
40 PSET(0,0),9
50 PRINT#1," KNIJP"
60 PRINT#1," WIT"
70 PRINT#1,""
80 PRINT#1," en"
90 PRINT#1,""
100 PRINT#1,"HOU VAST"
```

```
110 FOR Q=1 TO 2000:NEXT Q
120 SCREEN 2 : COLOR 15,6,6 : CLS
130 P0=PDL(1)
140 LINE(0,70)-(255,70),1
150 FOR X=1 TO 255
160 Y=192+P0-PDL(1)
170 IF Y< 70 THEN BEEP ELSE PLAY"g","a","f"
180 LINE(X,192)-(X,Y)
190 FOR Q=0 TO 200:NEXT Q
200 NEXT X
210 CLS : GOTO 150
```

Wie schrijft het scherm helemaal wit? Hoe witter het scherm, hoe roder uw hoofd. Het is natuurlijk best aardig om ook over langere tijd de vorderingen te kunnen bijhouden. Er zijn twee eenvoudige manieren om gegevens op te slaan. We kunnen het volledige schermbeeld opslaan door het videogeheugen op cassette of disk te zetten (BSAVE) en het later weer in het geheugen te laden (BLOAD). Bij de tweede methode slaan we de meetpunten op in een reeks, door ze te nummeren. Deze laatste methode is al enkele malen gedemonstreerd. Het windsnelhedenprogramma en de hartslagmonitor werken ermee.

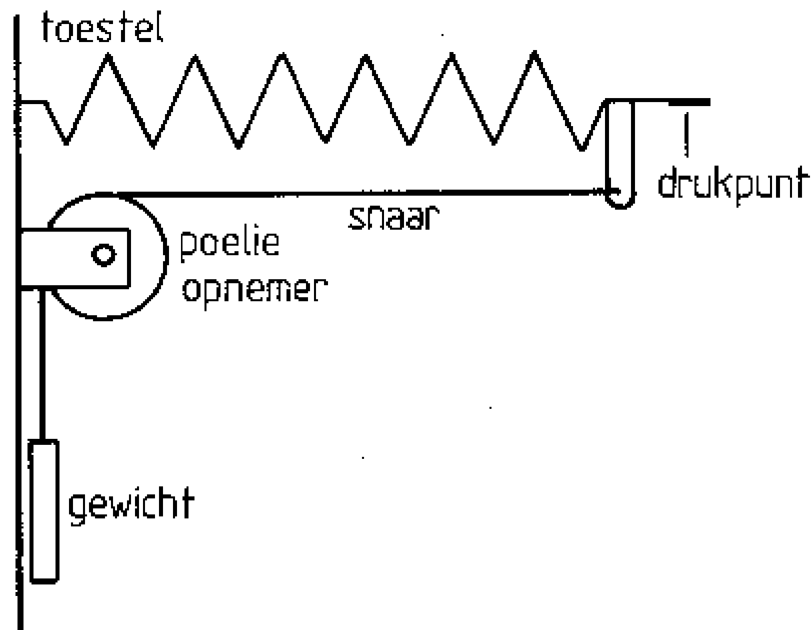
De duurtest uit het vorige programma vraagt nogal wat van het uithoudingsvermogen van de knijpspieren. Nog moeilijker wordt het als de spieren tussentijds steeds ontspannen worden. Een paar seconden knijpen en een paar seconden los. Na de 'warming up', (het intypen van het volgende programma) kunnen we deze martelgang demonstreren.

```
10 REM PIEP=KNIJP
20 SCREEN 5 : COLOR 15,6,6 : CLS
22 P0=PDL(1)
30 PSET(0,0)
32 BEEP
50 FOR X=1 TO 255
.52 IF X/5=INT(X/5) THEN LINE(X,192)-(X,0),1
60 BEEP : Y=192+P0-PDL(1)
70 LINE(X,192)-(X,Y)
72 FOR Q=0 TO 500:NEXT Q
80 NEXT X
```

Knijp de veer in bij het piepje, en laat hem weer los bij het volgende piepje. Dat gaat zo door tot u niet meer kunt.

Het is verbazingwekkend hoe snel een spier zich weer herstelt en dat de prestaties al na enkele dagen enorm zijn toegenomen. De meetfrequentie wordt in de meeste programma's geregeld door een FOR NEXT wachtlus. Aanpassing van de tijdschaal zal na enige oefening al gauw nodig zijn. Alle oefenapparatuur die gebruik maakt van veren om het spierstelsel te belasten is op een vergelijkbare wijze te instrumenteren door het

aanbouwen van een potentiometer.Vaakzal er een overbrenging nodig zijn omdat de verplaatsingen van veel spieren nu eenmaal groot zijn. Door op een potentiometer-as een grote snaarschijf te monteren kan in de meeste gevallen wel een aanpassing worden gevonden.



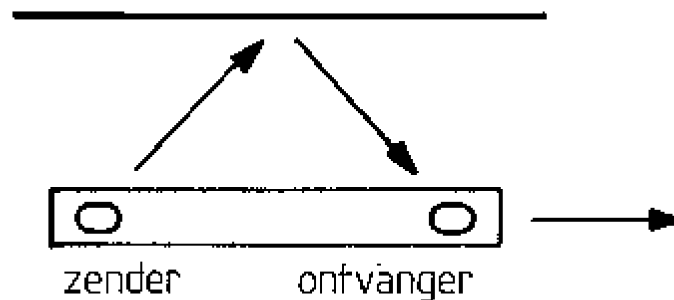
Afb. 6.11. Aanpassing

Een touwtje wordt aan het bewegende deel van het instrument bevestigd, over de snaarschijf geleid en met een gewichtje strak gehouden. Bij een dergelijke uitvoering kan een draaipotentiometer die op het printje is bevestigd, worden gebruikt - zoals we bij de tekenplank zagen. Als de tekenplank wordt gesloopt, kan er een dubbele uitvoering van de spierkrachtmonitor gebouwd worden, zodat een krachtpatserscompetitie op het scherm mogelijk is. Terwijl u gigantische biceps kweekt, gaan wij alvast door naar het volgende hoofdstuk waar we met zeer fijnzinnige zaken te maken krijgen.

7 Fotograferen met de MSX2

Het opnemen van afbeeldingen zoals foto's, prenten, posters en andere zaken heeft altijd een bijzondere aantrekkingskracht op de computergebruik(st)er gehad. Wie droomt er niet van een persoonlijk portret, opgeslagen in het videogeheugen. In dit hoofdstuk ontwikkelen we een miniatuuropnemertje, waarmee beelden kunnen worden afgetast met behulpvan het bewegend mechanisme van een printer. Nee, we gaan niet uw dure printer slopen. Slechts een vlinderlicht opnemertje wordt op de printkop vastgemaakt. Door punt voor punt in het geheugen op te slaan wordt het origineel gereproduceerd in digitale vorm. Dit gedigitaliseerde beeld kan niet slechts op het scherm worden weergegeven, het kan ook worden bewerkt. Zoals in vroeger tijden foto's werden geretoucheerd, zo kan aan het digitale beeld informatie worden toegevoegd of onttrokken. Beeldbewerking en animatie zullen na het doorwerken van dit hoofdstuk voor ons toegankelijk geworden zijn. Met een standaard-MSX kunnen al interessante resultaten worden bereikt. Met een MSX2 wordt het pas echt leuk. De ontwikkeling die we in dit hoofdstuk doen, wordt dan ook optimaal benut op een MSX2. Toch is dit hoofdstuk ook voor de bezitter van een 'gewone' MSX de moeite waard. Hette bereiken oplossend vermogen van de hier te ontwikkelen opnametechniek is namelijk voor MSX1 en 2 vrijwel identiek. Het verschil schuilt voornamelijk in het aantal grijswaarden dat kan worden afgebeeld. Bij MSX1 zijn dat er drie, terwijl de MSX2 de beschikking heeft over acht grijsgradaties. Bovendien kunnen in een 128K-machine vier verschillende beelden tegelijk in het videogeheugen aanwezig zijn. Door vier elkaar in beweging opvolgende beelden snel te laten wisselen, ontstaat de sterke suggestie van beweging, en dat in hoge resolutie. Snel over dus naar de techniek.

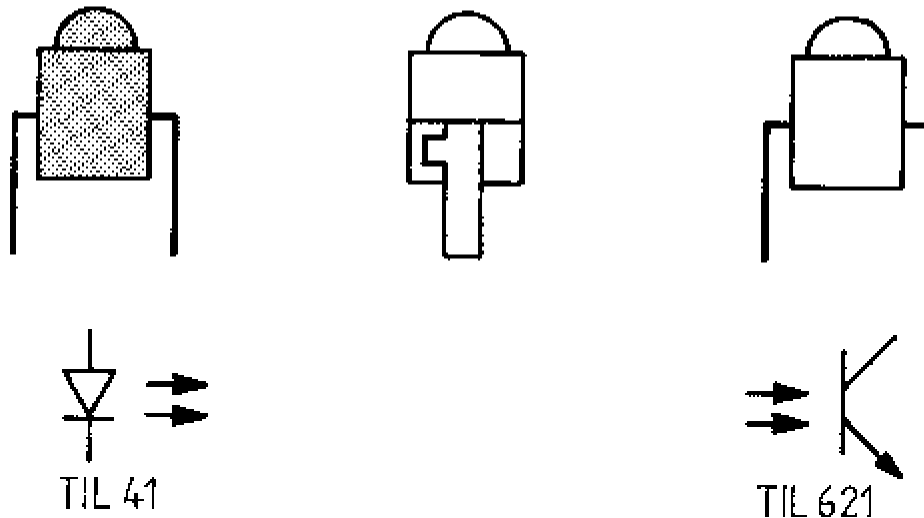
7.1 De opnemer



Afb. 7.1. Reflectie

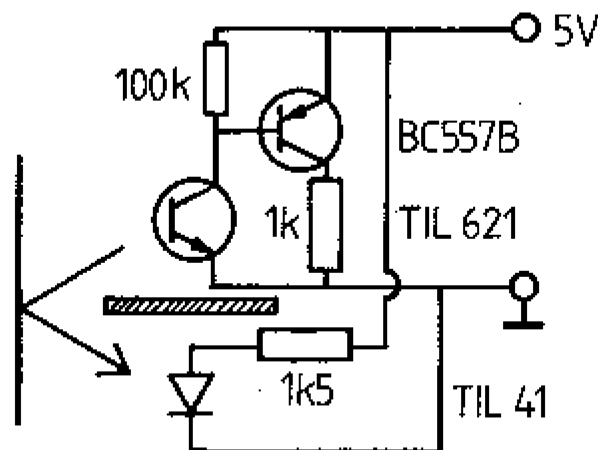
Het principe van de opnemer is weergegeven in afbeelding 7.1. Een lichtbron straalt in de richting van de afbeelding en het gereflecteerde licht wordt ontvangen door een lichtgevoelig element. De hoeveelheid teruggekaatst licht is afhankelijk van de grijstint van het reflecterend oppervlak. Uiteraard herkennen we hier onmiddellijk de opzet waarmee we in dit boek al uitgebreid hebben geeexperimenteerd. Toch is er een verschil.

Als we van een beeld ook de kleinere details willen opnemen, moet het lichtvlekje klein zijn. We hebben dus een mini-opnemertje nodig. We gebruiken optische miniatuurcomponenten zoals die in lichtpennen worden gebruikt.



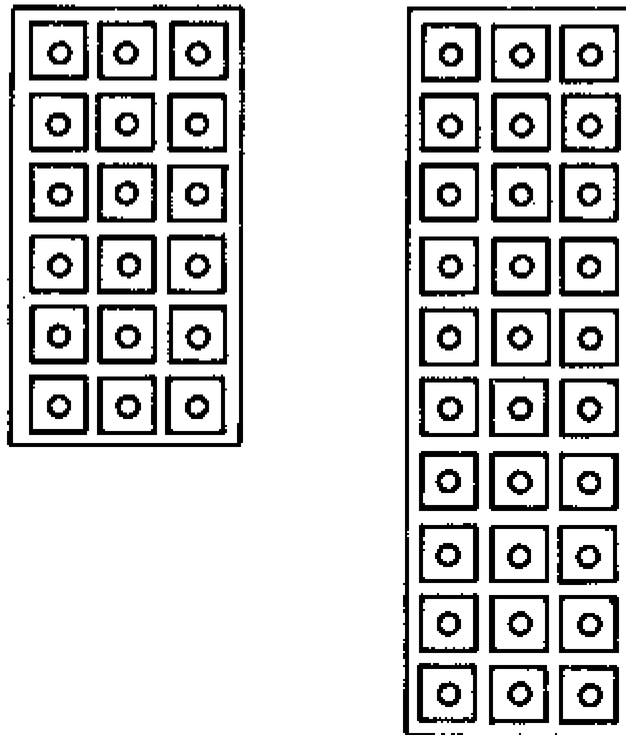
Afb. 7.2. De opto-elementen

De TIL 41 is een infrarood LED die is voorzien van een lensje. De openingshoek van de uitgezonden straling is ongeveer 20°. Zijn tegenhanger is de infrarood fototransistor TIL 621. Deze heeft dezelfde behuizing als de LED. Het enige direct zichtbare verschil is de kleur. De LED is in donker kunststof gehuld, terwijl de fototransistor een helder plastic jasje heeft. De draagkrachtiger lezer geeft misschien de voorkeur aan een kant en klaar opnemertje, waarin de LED en de fototransistor reeds in de goede stand ten opzichte van elkaar zijn gemonteerd.
Het gemak dient de mens. Toch is het aantrekkelijk de opnemer uit losse componenten samen te stellen. We kunnen dan een zeer klein en licht instrumentje bouwen. Het schema is bekend.



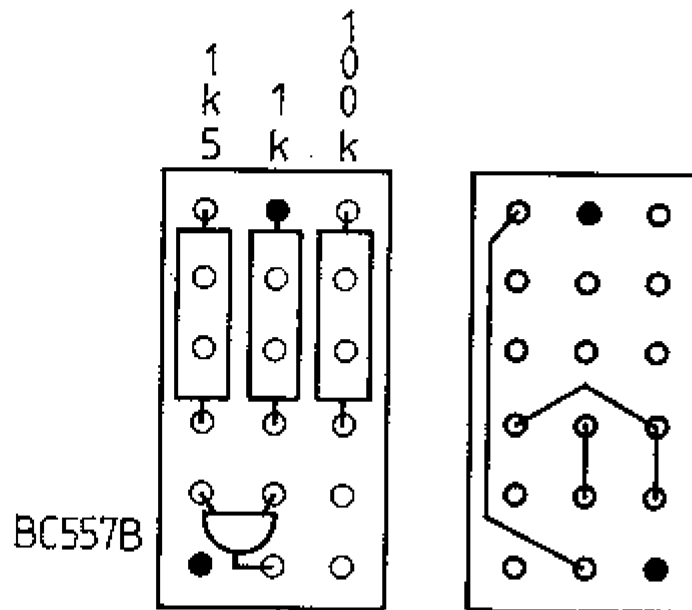
Afb. 7.4. Nogmaals de foto-opnemer

De schakeling kan het best op gaatjesprint worden gemonteerd. De voorkeur gaat uit naar een stukje printplaat waarop rond alle gaten een soldeer-eilandje aanwezig is. We hebben een stukje nodig van drie bij zes gaatjes en een stukje van drie bij tien gaatjes. Het gaat dus om miniscule afmetingen.



Afb. 7.5. De printplaatjes

Op het kleinste printje komen de onderdelen. Dat wil zeggen, voorlopig alleen de drie weerstanden en een PNP-transistor. Let er goed op dat aan de onderzijde de juiste verbindingen worden gemaakt. Laat van de middelste weerstand deaansluitdraad die aan de rand van de print zit, lang. Gebruik bij het solderen zo weinig mogelijk tin. Steek door het aangegeven gat een van een weerstand afgeknipte aansluitdraad.



● aan koperzijde uitstekende draad

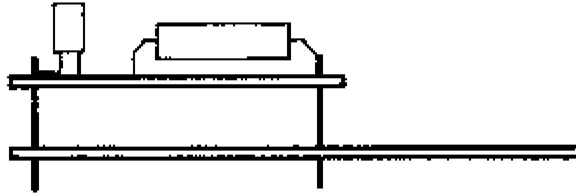
Afb. 7.6. De opnemer

Soldeer ook de aansluitdraden vast op de aangegeven plaatsen. Voor het aan-sluitsnoer kan het best een heel dun afgeschermd twee aderig snoertje worden gebruikt. Het gaat ook uitstekend met een drie aderig stuk flat-cable, of gewoon drie in elkaar gevlochten stukken geïsoleerd dun montagedraad. Maak de draad minstens een halve meter lang.

Afb. 7.7. De aansluitdraden

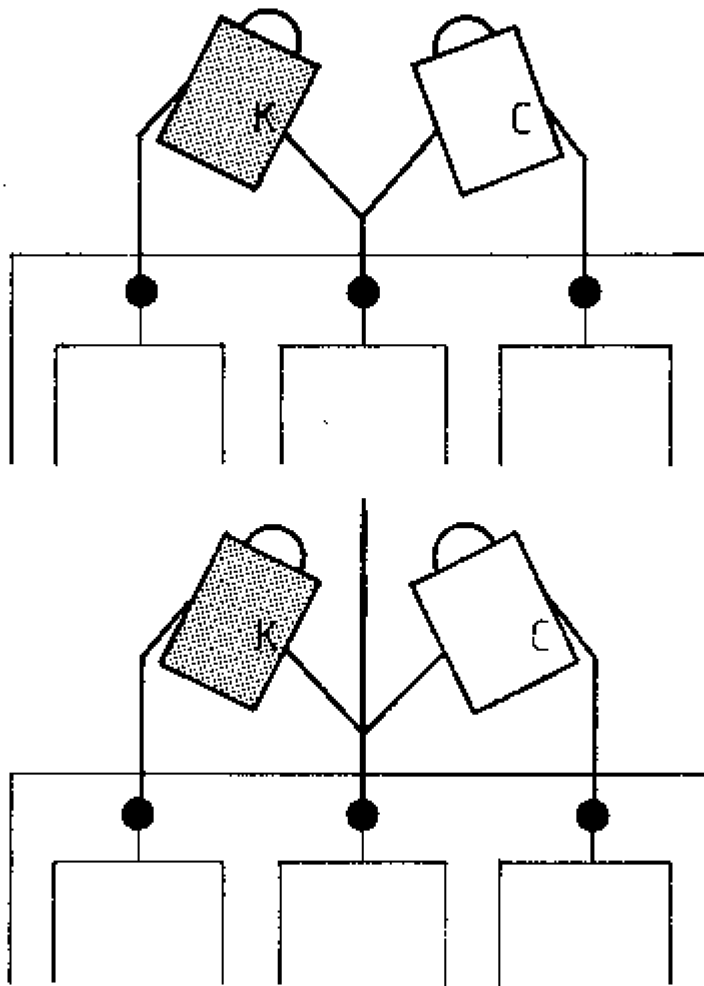
Nu komt er een stukje werk dat weliswaar niet moeilijk is, maar dat wel enige nauwkeurigheid vereist. Na enige ontspannings- en concentratie-oefeningen uit hoofdstuk 6 gaan we aan de slag.

We steken de twee draadeindjes die aan de koperzijde van het printje uitsteken door de gaatjes van het grotere printje. De koperzijde hiervan wordt van de componentenprint afgekeerd en de achterzijde komt gelijk te liggen met de kant van de componentenprint waar de transistor is gemonteerd. Vervolgens worden de draadeindjes vlak onder de montageprint afgeknipt en vast gesoldeerd. We hebben nu een montageplatform voor het optische deel.
De aansluitingen van de drie weerstandseinden aan de rand van de onderde-lenprint worden aan de componentenzijde vertind. Probeer dat zo snel mogelijk te doen om de weerstanden niet al te veel te mishandelen. Aan deze drie vertinde puntjes worden de LED en de fototransistor vastgezet. Let er hierbij erg goed op dat de onderdeeltjes in de goede stand worden vastgezet. Ze zijn aan één van de pootjes van een lipje voorzien. Dit lipje moet voor beide componenten in de richting van de 100 kiï-weerstand wijzen. Laat de onderdeeltjes alvast iets naar elkaar kijken. Als het geheel af is kunnen we de optiek definitief afregelen.



Afb. 7.8. Samenbouw met de grondplaat

Voor we de spanning aansluiten, schuiven we tussen de twee optische componenten een dun, niet doorschijnend stukje materiaal. Een afgeknipt stukje messing aansluitstrip van een platte 4,5 V-batterij is heel geschikt, omdat dat voorzichtig aan de middelste weerstand kan worden vastgesoldeerd. Dit kamerscherm zorgt ervoor dat de LED en de fototransistor elkaar niet kunnen zien. Zou dat wel het geval zijn dan raakt de transistor overstuur(d) door de verblindende schoonheid.



Afb. 7.9. Plaatsing van de opto-elementen

Zo, de spanning kan erop. Dat wil zeggen, nadat het andere einde van de draad is voorzien van een stereo-hoofdtelefoonstekker die in de analoog/digitaalom-zetter past. Let erop dat de joystick-stekker uit de computer is verwijderd als we de plug in de omzetter steken.

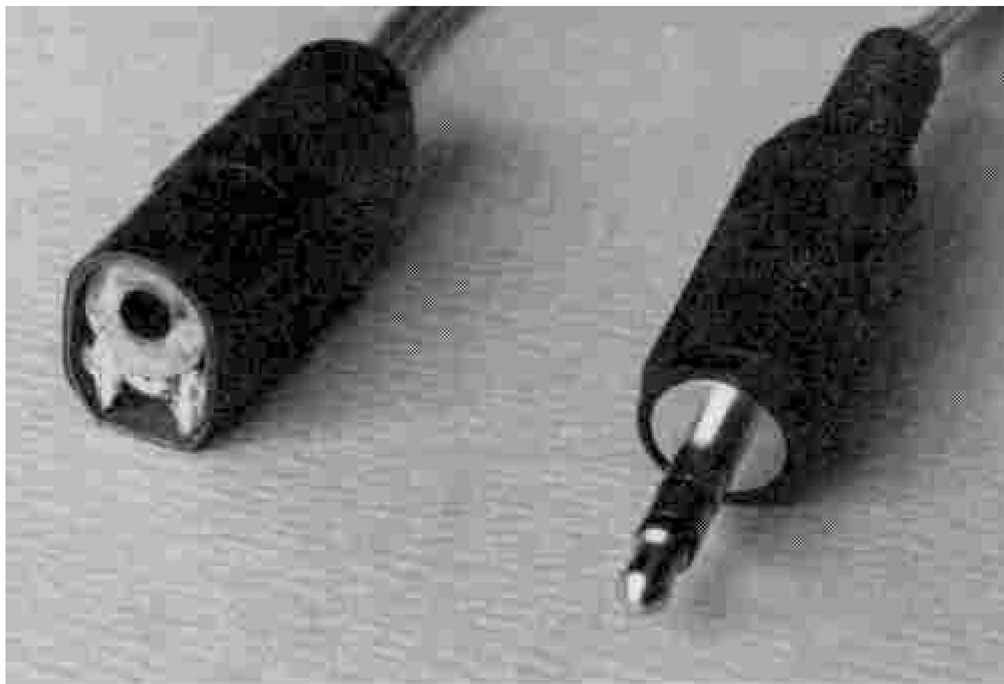
Start een willekeurig programma, bijvoorbeeld de oscilloscoop, dat gebruik maakt van de A/D-omzetter. Houd de foto-opnemer in het licht en scherm hem vervolgens af met de hand. Op het scherm is duidelijk te zien dat de opnemer gevoelig is voor omgevingslicht. Mocht de schakeling niet reageren dan kan dat eigenlijk alleen maar aan een omgekeerde aansluiting van de fototransis-tor liggen. Vooral bij gebruik van een afwijkend type kan dat al snel het geval zijn. Het element zal er niet stuk van gaan, maar werken doet het in dat geval ook niet.

De volgende test maakt wat realistischer gebruik van de opnemer. Scherm het omgevingslicht af en nader de opnemer met een stukje wit papier. Ook nu moet op het scherm een forse uitslag zichtbaar worden. Het effect is veel minder als de schakeling met een vinger benaderd wordt. De huid laat infrarood licht immers goed door.

De schakeling is vele malen gebouwd met gebruikmaking van steeds weer andere componenten. In alle gevallen was er ruimschoots signaal voorhanden. Het is niet erg als de computer niet volledig tot het maximum getal van 255 komt. Als er wel heel erg weinig signaal uit de schakeling komt, kan eventueel de LED-stroom iets worden gewijzigd door de begrenzingsweerstand van 1,5 k te verkleinen.

Afb 7.10

Zoals geconstateerd, is de schakeling enigszins gevoelig voor omgevingslicht. We gaan daar wat aan doen met behulp van de steunpunt die we inmiddels hebben aangebracht. Op de print komen twee printpennen in de aange-
geven gaatjes. Soldeer ze vast en vijl vervolgens zoveel van de print weg dat de pennen geheel zichtbaar worden. Aan de buitenzijde van dit poortje wordt nu een ringetje gesoldeerd dat een gaatje heeft met een diameter tussen de twee en drie millimeter. Let er goed op dat het gaatje in hetzelfde vlak komt te liggen als de optische elementen.
Als het ringetje vast zit, richten we de LED en de fototransistor met een pincet voorzichtig naar het gat. Een likje matzwarte verf aan de binnenzijde van de ring zorgt ervoor dat de ring zelf geen licht reflecteert. Uitsluitend de helderheid van een voorwerp dat zich voor het gat bevindt, bepaalt nu nog hoeveel licht er wordt gereflecteerd. Tenminste, als we met een stukje zwart isolatieband het geheel aan het daglicht hebben onttrokken. Pas op, wat voor ons oog zwart is, hoeft in het infraroodgebied helemaal niet donker te zijn. Zo kan een afscherming van ogenschijnlijk zwart karton zoveel infrarood licht reflecteren dat de werking volledig verstoord wordt. Even proberen dus of het afschermend materiaal inderdaad voldoende absorbeert. Tien tegen één dat gewoon zwart plastic isolatieband afdoende is.



Afb. 7.11. De leeskop klaar voor gebruik

Beweeg de opnemer langs een krant. Op het scherm moet de lichtvariatie duidelijk zijn waar te nemen. Het volgende programma, dat uitsluitend voor MSX2 is bedoeld, geeft alvast een idee van de uiteindelijke bedoeling. Een vierkant op het scherm neemt een grijstint aan, afhankelijk van de helderheid van het punt waar de opnemer op dat ogenblik naar kijkt.

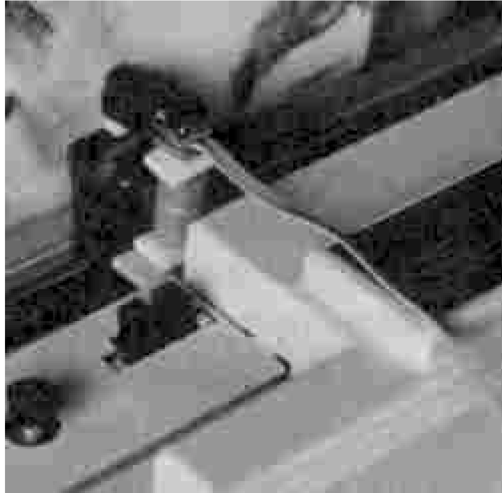
```
10 REM IR VIERKANT
20 SCREEN 5 : COLOR 10,4,4 : CLS
22 P=PDL(1)/32
30 COLOR=(1,P,P,P)
40 LINE(100,100)-(150,150),1,BF
50 GOTO 22
```

Als een grijstint op papier niet overeenkomt met een grijstint op het scherm probeer dan of de zaak met de versterkingsregeling op de omzetterprint recht te trekken is. Als het blok zwart blijft moet er een correctieweerstandje over de LED-stroombegrenzingsweerstand worden gesoldeerd. Dat is eenvoudiger dan het uitsolderen van de 1,5 kQ weerstand.
Het gaatje in de ring heeft zoals gezegd een afmeting tussen de twee en drie millimeter. Dit is een richtwaarde die geenszins bindend is. Een eenvoudige berekening leert ons iets meer over de optimale afmeting van het gat. Het oplossend vermogen van de MSX-computer is 256 pixels langs een horizontale lijn. Een vel papier dat de op te nemen afbeelding bevat, zal ongeveer 210 mm breed zijn (A4). Als we deze breedte verdelen over 256 puntjes komen we op een pixelbreedte van iets minder dan een millimeter. Het ziet er dus naar uit dat een gat van 1 mm het maximale oplossend vermogen geeft. Het uitrichten van zender en ontvanger vraagt bij deze diameter echter iets meer nauwkeurigheid. Bovendien loopt de gevoeligheid iets terug. Het gat kan in een later stadium altijd nog naar de optimale diameter worden gebracht door er een tweede ringetje voor te lijmen.
Als we de opnemer als streepjescodelezer toe zouden willen passen moet het gaatje nog veel kleiner worden gemaakt.

7.2 De printer

Zoals gezegd, dient dit opnemertje ergens op de bewegende printkop van de printer te worden gemonteerd, in een dusdanige stand dat de ring zich vlak langs het papier beweegt. Gezien de grote variëteit aan printers zal hier de persoonlijke creativiteit een oplossing moeten brengen. Boor geen gaten in het mechaniek! Dat laat niet alleen uw rechten op garantie vervallen, u loopt ook nog eens het risico dat de boor uitschiet. Solderen in een printer lijkt ook niet de aangewezen weg. Kleine dubbelzijdig klevende kussentjes zijn in elke kantoorboekhandel te verkrijgen. Het opnemertje is zó licht, dat twee van deze plakkertjes een elegante manier van bevestigen opleveren. Ook op een niet geheel vlakke ondergrond. Soms zal een opvulstukje noodzakelijk zijn. Afbeelding 7.12 laat zien hoe in een printertje een kunststof omhulsel van een tulp-stekkertje is gebruikt om de opnemer op de juiste hoogte te plaatsen.
In een General Electric TXP-1000 is het nog eenvoudiger. Als de lintcassette eruit is, kan

de opnemer direct rechts naast de printkop op de slede worden gekleefd.
De plakkertjes laten zich eenvoudig verwijderen en laten geen kleeflaagresten achter. Experimenteer dus net zolang tot het juiste plekje is gevonden. Laat de draad in een ruime boog naar de A/D-omzetter lopen, zodat de printer zonder aan te draad te hoeven trekken zijn volle heen en terug gaande slag kan maken.
Een globale indruk van de werking kunnen we al krijgen als de printer op zelf-test gezet wordt terwijl er een fotokopie van een afbeelding inzit. Het oscillo-scoopprogramma, of elk ander programma, laat zien dat de helderheidsinfor-matie op het papier inderdaad op het scherm terecht komt.



Een waarschuwing is op zijn plaats. Vooral matrixprinters zijn erg gevoelig. De ragdunne naaldjes kunnen gemakkelijk verbuigen als ze ergens achter blijven hangen. Gebruik dan ook altijd afbeeldingen op betrouwbaar papier zonder oneffenheden, kreuken of scheuren. Het is een goede gewoonte alleen fotokopieën te gebruiken. Deze zijn glad en hebben de juiste afmeting. Bij modernere kopieermachines is bovendien de weergave van grijstinten uitstekend en er kan in veel gevallen zelfs nog worden vergroot of verkleind.
Voor we ons gaan verdiepen in het digitaliseren van beelden bekijken we de printerwerking van dichtbij. We hebben afgeleid dat de optimale afmeting van een in te lezen pixel ongeveer 1 mm is. Deze conclusie was gebaseerd op het aantal pixels dat een MSX-computer op een verticale as heeft, gekoppeld aan de breedte van een vel A4-papier. Om het beeld dat we opnemen in de juiste proporties weer te geven, zullen we ook verticaal naar een pixelgrootte van ongeveer 1 mm moeten streven. De verticale verplaatsing van een printer ligt normaal gesproken in de buurt van 4 mm. Dat is namelijk de regelafstand van de doorsnee matrixprinter. Echter, vrijwel alle printers die in combinatie met MSX-computers worden gebruikt, zijn geschikt voor grafisch werk. Dat betekent dat elk naaldje van de printkop afzonderlijk kan worden bestuurd. Het betekent ook dat de verticale transportafstand kan worden ingesteld. Meestal
wordt de regelafstand (in een Engelstalig handboek line feed genoemd) uitgedrukt in inches, waarbij een inch 2,54 centimeter is. Het instellen van een afwijkende regelafstand gebeurt met zogenaamde escape-codes. Gezien deze codes per printerfabrikant kunnen verschillen, geven we hier enkele voorbeelden.
Bij vrijwel alle printers kan een escape-code worden ingesteld vanuit een BA-SIC-programma. Dat gebeurt met de escape-opdracht:

LPRINT CHR$(27)

Escape betekent 'ontsnap'. We ontsnappen aan de normale routines die door de printerfabrikant zijn ingesteld.
De code wordt tussen aanhalingstekens achter de escape opdracht gezet.

LPRINT CHR$(27);"a";

kan bijvoorbeeld betekenen: transporteer het papier over een aantal op te geven regelafstanden. Het aantal regelafstanden wordt aan de opdracht toegevoegd:

LPRINT CHR$(27);"a";CHR$(4);

In dit geval wordt het papier over vier regelafstanden getransporteerd. Let erop dat 'a' iets anders is dan 'A'. In de ASCII-tabel kunnen we zien dat 'a' de waarde 97 heeft. De opdracht mag dan ook in de volgende vorm geschreven worden:

LPRINT CHR$(27);CHR$(97);CHR$(4);

Vergeet de puntkomma aan het eind van de opdracht niet. Toevallig werkt dit voorbeeld op meer printers. Het probleem waar wij voor staan, is er echter niet mee opgelost. We willen niet 4 regels verticaal transport, maar 1/4 regel verschuiving. Dat komt immers overeen met 1 mm.
Nu is het, gezien de herkomst van de meeste printers, niet verwonderlijk dat de regelafstand meestal opgegeven wordt in delen van een inch. Dat kan bijvoorbeeld 1/72 inch zijn, maar ook 1/144 en 1/216 komen voor. Een kleine omrekening leert dat deze getallen overeenkomen met respectievelijk 0,35, 0,18 en 0,12 mm. Voor één milimeter zullen we de printer de opdracht moeten geven een transportverplaatsing uit te voeren van 3/72, 6/144 of 8/216 inch.

Voor enkele printers volgt hier de uitgewerkte opdracht.

Star

LPRINT CHR$(27) "A" CHR$(3);   (3/72 inch)
LPRINT CHR$(27) "3" CHR$(6);   (6/144 inch)

Er mogen ook puntkomma's tussen de deelopdrachten:

LPRINT CHR$(27);"A";CHR$(3);   (3/72 inch)
LPRINT CHR$(27);"3";CHR$(6);   (6/144 inch)

IBM graphics printer (of compatibles)

LPRINT CHR$(27) "A" CHR$(3);   (3/72 inch)
LPRINT CHR$(27) "2";   (maak actief)

Beide regels zijn noodzakelijk. De eerste regel bereidt de uitvoering van de opdracht voor die in de tweede regel bevestigd wordt. Ook hier mogen de opdrachten worden gescheiden door puntkomma's.

```
LPRINT CHR$(27);"A";CHR$(3);    (3/72 inch)
LPRINT CHR$(27);"2";            (maak actief)
```

Er is geen enkel bezwaar, alle deelopdrachten in één regel op te nemen.

```
LPRINT CHR$(27);"A";CHR$(3);CHR$(27);"2"
```

Geeft u de voorkeur aan uitsluitend CHR$-notatie, gebruik dan:

```
LPRINT CHR$(27);CHR$(65);CHR$(3);CHR$(27);CHR$(50)
```

Deze regeltjes gelden voor alle printers.

Brother

```
LPRINT CHR$(27);"A";CHR$(3);
```

General electric

```
LPRINT CHR$(27);"3";CHR$(6);
LPRINT CHR$(27);CHR$(51 );CHR$(6);
```

Printerhandboekenzijn in veel gevallen moeilijk voor de leek toegankelijk. Is er uit uw printerhandleiding geen wijs te worden, informeer dan eens bij de handelaar. Mogelijk dat een collega computeraar u een eindje op weg kan helpen. Hoe het ook zij, in dit boek zullen we net doen of er alleen maar Genera) Electric TXP-1000 printers bestaan en alle programma's daarop aanpassen. Uiteraard wordt er zo weinig mogelijk een beroep gedaan op speciale printereigen-schappen, zodat aanpassingen voor uw eigen printer eenvoudig zijn. In het ergste geval moet dus de escape-opdracht iets worden gewijzigd. In sommige gevallen kan het nodig zijn de programmaregels die de printer laten scannen enigszins aan te passen. Op bijzonderheden die zich bij printers voor kunnen doen, zal voor zover mogelijk worden gewezen.
Laten we eens vastleggen wat we nodig hebben om de printer een plaatje af te laten tasten met een regelafstand van 1 mm. We kunnen proberen lege regels af te laten drukken meteen regelafstand van 3/72 inch. Of in BASIC vertaald:

```
10 LPRINT CHR$(27);"3";CHR$(6);
20 LPRINT 30 GOTO 20
```

Dat leek leuk, maar iets werkt er niet. De printer geeft weliswaar de juiste regelafstand, maar de printkop blijft onwrikbaar aan de linkerkant staan. De informatie die de

computer naar de printer stuurt, wordt daar opgeslagen in een regelbuffer. De printkop komt pas in actie als het regelbuffer printbare tekens bevat en bovendien het signaal "volgende regel" gegeven is. We kunnen het volgende proberen:

```
10 LPRINT CHR$(27);"3";CHR$(6);
20 LPRINT " 30 GOTO 20
```

Voor printers die uitsluitend in één richting kunnen printen, hebben we hiermee een oplossing gevonden. Een printer die twee kanten uit kan printen (bidirectioneel) is echter intelligent. Hij kijkt hoe hij langs de kortste weg naar het volgende af te drukken teken komt. We zien dan ook rechts van het blad een verticaal rijtje puntjes verschijnen, zonder dat de printkop naar de uitgangspositie gaat. Als oplossing zetten we ook een puntje aan het begin van de regel :

```
10 LPRINT CHR$(27);"3";CHR$(6);
20 LPRINT ".
30 GOTO 20
```

Dat werkt. Er zijn andere manieren om hetzelfde doel te bereiken. Het aantal spaties kan ook besteld worden met de STRING$-opdracht.

```
10 LPRINT CHR$(27);"3";CHR$(6);
20 LPRINT".";STRING$(32,70);"." 30 GOTO 20
```

Deze methode heeft echter als nadeel dat het iets langer duurt voor de regelbuffer is gevuld. Er ontstaat dus een wachttijd aan het eind van iedere slag. Omdat het aftasten van een volledig beeld toch al niet razendsnel gaat, geven we de voorkeur aan het direct afbeelden van de benodigde spaties. In de grafische MSX2-instelling is de beeldhoogte212 pixels(voorMSX1 is dat 192). Het is handig als dit gegeven in het programma wordt verwerkt. Met een FOR..NEXT-opdracht geven we het aantal af te tasten lijnen op.

```
10 LPRINT CHR$(27);"3";CHR$(6)
20 FOR V=1 TO 212
30 LPRINT ". ."
40 NEXT V
```

Om ook kleinere afbeeldingen te kunnen aftasten, zou in de definitieve uitvoering van het programma de verticale maat als invoergegeven kunnen worden opgevraagd. Voor we daar aan toe zijn, moet er nog een laatste probleem worden opgelost.

7.3 De software

We kijken hoe de computer het beeld lijn voor lijn volschrijft.

```
10 REM SCHERMSNELHEID
```

```
20 SCREEN 5 : COLOR 15,4,4 : CLS
50 FOR Y=l TO 212
60 FOR X=l TO 255
70 P=PDL(1)
80 IF P<100 THEN C=l ELSE C=2
90 PSET(X,Y),C
100 NEXT X,Y
```

Het lopende beeldpunt verandert van kleur, afhankelijk van de hoeveelheid gereflecteerd licht. De MSX levert indrukwekkende grafische resultaten, maar snel is hij niet. Het duurt zowat drie seconden om een volledige horizontale lijn af te beelden. Een beetje printer heeft daar nauwelijks een seconde voor nodig.
We geven de moed uiteraard niet op. Nu het beeldpunt eenmaal langs horizontale lijnen loopt, breiden we het programma meteen uit, door het een kleurtje mee te geven. Of beter gezegd: een grijstint. Door met de COLOR-op-dracht te spelen, kunnen we met een MSX2 acht grijsgradaties maken. Met
COLOR=(kleurnummer,ROOD,GROEN,BLAUW) kan elk van de 256 mogelijke kleuren worden gemengd.
Zo kan kleurnummer 1, dat normaal gesproken zwart is, eenvoudigweg worden veranderd in vleeskleur met de opdracht

```
COLOR=(1,7,6,5)
```

De mengverhouding: zeven delen rood plus zes delen groen en vijf delen blauw is na het uitvoeren van deze opdracht blijvend toegekend aan kleurnummer 1.
Met dit in het achterhoofd is het begrijpelijk wat er in het volgende programma gebeurt.

```
10 REM GRIJSTINTEN
20 SCREEN 5
30 COLOR=(1,0,0.0)
40 COLOR=(2,1,1,1) 42 COLOR=(3,2,2,2)
44 COLOR=(4,3,3,3)
45 COLOR=(5,4,4,4)
46 COLOR=(6,5,5,5)
47 COLOR=(7,6,6,6)
48 COLOR=(8,7,7,7)
49 COLOR=(9,7,7,7)
50 FOR Y=1 TO 212
60 FOR X=1 TO 255
70 C=INT(PDL(1)/25) : IF C=0 THEN C=1
90 PSET(X,Y),C
100 NEXT X,Y
```

De kleuren 1 tot en met 8 worden omgebouwd tot grijstinten. Hierbij levert 0,0,0 diep zwart op, terwijl 7,7,7 stralend wit geeft. Om eventuele overloop op te vangen, is ook kleurnummer 9 wit gemaakt. Kleur 0 doet niet mee omdat het geen echte kleur is:

transparant.
In dit stadium moeten we kiezen voor de manier waarop we het beeld vast willen leggen op diskette. Dat kan op twee manieren. We kunnen voor alle beeldpunten de kleur vastleggen in een matrix.

```
10 REM OPNAME
20 DEFINT A-Z
30 DIM C(100,100)
40 SCREEN 5
50 COLOR=(1,0,0,0)
60 COLOR=(2,1,1,1)
70 COLOR=(3,2,2,2)
80 COLOR=(4,3,3,3)
90 COLOR=(5,4,4,4)
100 COLOR=(6,5,5,5)
110 COLOR=(7,6,6,6)
120 COLOR=(8,7,7,7)
130 COLOR=(9,7,7,7)
140 FOR Y=1 TO 100
150 LPRINT CHR$(27);"3";CHR$(5);
160 LPRINT "........................................"
170 FOR Q=1 TO 2500:NEXT Q
180 FOR X=1 TO 100
190 P=PDL(1)/25;IF P=0 THEN P=1
200 C(X,Y)=P
210 PSET(X,Y),C(X,Y)
220 NEXT X
230 NEXT Y
240 OPEN "PLAAT1.PIX" FOR OUTPUT AS #1
245 FOR Y=1 TO 100
250 FOR X=1 TO 100
260 PRINT#1,C(X,Y)
270 NEXT X
280 NEXT Y
290 CLOSE
300 GOTO 300
```

Voor elke X,Y-combinatie ligt de kleur vast in C(X,Y). Een beperking is weergegeven in regel 30. Het geheugen van een MSX is niet groot genoeg voor het vastleggen van het gehele beeld. Een veld van 100 bij 100 punten is echter altijd nog bijna een kwart van het scherm. Let erop dat de getallen die in het programma worden gebruikt integer zijn gemaakt in regel 20. Ze hebben hierdoor geen cijfers achter de komma, waardoor we een zo klein mogelijke aanslag doen op het geheugen.
De opslag in een matrix is handig, omdat we elk punt afzonderlijk op kunnen roepen en zo nodig wijzigen. Ook groepen punten kunnen tegelijkertijd worden beïnvloed. Beeldbewerking wordt er zeer gemakkelijk door gemaakt. Er zijn enkele zaken die de

aandacht vragen. De snelheid van een moderne printer is hoog. Voor onze toepassing eigenlijk te hoog. In sommige gevallen is de snelheid van de printer te beïnvloeden. Bij de hier gekozen demonstratie-printer van GE, kiezen we de NORMAL-stand. Deze komt overeen met een printsnelheid van 25 tekens per seconde. Als er in regel 160 tussen de beginpunt en de eindpunt in plaats van spaties, puntjes worden opgenomen, zal de printkop zich tijdens het uitprinten van deze puntjes in ongeveer anderhalve seconde van links naar rechts verplaatsen. Omdat de desbetreffende printer een thermisch afdruksysteem heeft, zien we hier niets van, tenzij er thermisch papier in de printer zit. Bij een matrixprinter kan het verstandig zijn de verbinding tussen de printerelektronica en de printkop tijdelijk loste nemen om beschadiging van naaldjes en afbeelding te voorkomen.
In regel 240 wordt op de diskette een bestand geopend dat de naam PLAAT1.PIX draagt. De toevoeging .PIX geeft aan dat alle afzonderlijke beeldpunten (pixels) zijn opgeslagen. Dat opslaan gebeurt in regel 260. Als alles goed gaat, komt er een enigszins herkenbaar beeld op het scherm te staan. Schrik niet van eventuele vervormingen. Het kan namelijk gebeuren dat er iets fout gaat met de synchronisatie. Er is een wachtlus in het programma opgenomen die ervoor zorgt dat de printkop tijd heeft om naar het begin van de regel terug te keren. De terugloopsnel-heid is echter niet bij alle printers even constant. Dat geldt met name voor printers die door middel van een veer naar de beginstand worden teruggetrokken. De Seikosha GP-80 en GP-100 zijn hier voorbeelden van. Straks zullen we een oplossing voor dit probleem uitwerken.
Nadat het beeld volledig is gevormd, begint de diskdrive te snorren. Dat duurt tamelijk lang. Juist op het ogenblik dat we denken dat er iets verkeerd is ge-
gaan, houdt het gesnor op en staan alle pixels op de schijf. Voor het weergeven van het opgeslagen beeld hebben we een klein laadprogramma nodig.

```
10 REM WEERGAVE
20 DEFINT A-Z
30 DIM C(100,100)
40 SCREEN 5
50 COLOR=(1,0,0,0)
60 COLOR=(2,1,1,1)
70 COLOR=(3,2,2,2)
80 COLOR=(4,3,3,3)
90 COLOR=(5,4,4,4)
100 COLOR=(6,5,5,5)
110 COLOR=(7,6,6,6)
120 COLOR=(8,7,7,7)
130 COLOR=(9,7,7,7)
140 OPEN "PLAAT1.PIX" FOR INPUT AS #1
150 FOR Y=1 TO 100
160 FOR X=1 TO 100
170 INPUT#1,C(X,Y)
180 PSET(X,Y),C(X,Y)
190 NEXT X
200 NEXT Y
```

```
210 CLOSE
220 GOTO 220
```

Er is een snellere manier om beelden op te slaan en te bewerken. De gehele beeldinhoud kan op de schijf worden weggezet met een simpele opdracht.

```
10 REM OPNAME 2
20 DEFINT A-Z
30 SCREEN 5
40 COLOR=(1,0,0,0)
50 COLOR=(2,1,1,1)
60 COLOR=(3,2,2,2)
70 COLOR-(4,3,3,3)
80 COLOR=(5,4,4.4)
90 COLOR=(6,5,5,5)
100 COLOR=(7,6,6,6)
110 COLOR=(8,7,7,7)
120 COLOR=(9,7,7,7)
130 LPRINT CHR$(27);"3";CHR$(5);
140 FOR Y=0 TO 212 150 PRINT "..............................."
160 FOR Q=1 TO 2500: NEXT Q
170 FOR X=0 TO 255
180 C=PDL(1)/25:IF C=0 THEN C=l
190 PSET(X,Y),C
200 NEXT X
210 NEXT Y
220 BSAVE "PLAAT1.SCR",0,&H7FFE,S
230 GOTO 230
```

Het is nu niet meer noodzakelijk om geheugenruimte voor de pixelmatrix te reserveren. De X- en Y-coördinaat kunnen dan ook zonder enig bezwaar doorlopen tot de maximale waarden. Het schermbeeld kan in principe volledig worden gevuld.
De beelden zijn weer van de schijf naar het videogeheugen te schrijven met een al even eenvoudig programma.

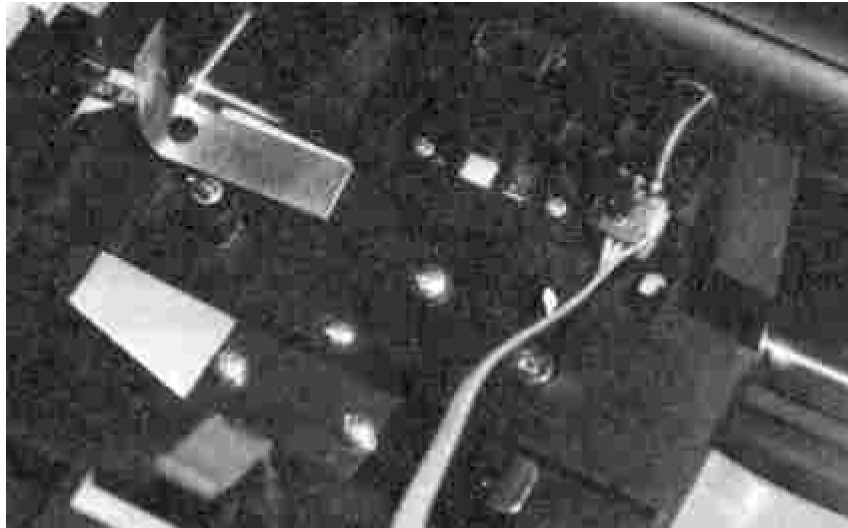
```
10 REM WEERGAVE
20 DEFINT A-Z
30 DIM C(100,100)
40 SCREEN 5
50 COLOR=(1,0,0,0)
60 COLOR=(2,1,1,1)
70 COLOR=(3,2,2,2)
80 COLOR=(4,3,3,3)
90 COLOR=(5,4,4,4)
100 COLOR=(6,5,5,5)
110 COLOR=(7,6,6,6)
```

```
120 COLOR=(8,7,7,7)
130 COLOR=(9,7,7,7)
140 BLOAD "PLAAT1.SCR",S
150 GOTO 150
```

We zijn nu bijna op het punt dat we bereiken wilden. Nog een paar probleempjes moeten de wereld uit. Het synchronisatieprobleem is er één van. Het instellen van de juiste grijstinten is een tweede moeilijkheid. De synchronisatie lossen we met wat hardware op.

7.4 Synchronisatie met een magneetje

Een waarschuwing vooraf
Magneetvelden zijn de grootste vrienden, maar ook de aartsvijanden van onze computermaatschappij.Ze zijn in staat enorme hoeveelheden informatie voor ons vast te leggen, maar ze kunnen die met evenveel gemak ook weer vernietigen. In deze paragraaf gebruiken we een permanent magneetje om een reed-relais te sluiten. Laateen magneet niet slingeren al is hij nog zo klein! Een diskette wordt onherroepelijk onbruikbaar als hij per ongeluk op een magneetje terechtkomt.



Afbeelding 7.13 geeft aan wat de bedoeling is. Aan de linkerkant wordt een reed-relais tegen de binnenzijde van printerkast geplakt. Op de printsledekleven we een permanent magneetje. Telkens als de slede links aankomt, wordt het relaiscontact gesloten, om weer open te gaan als de slede zich naar rechts beweegt. Het moment waarop het contact zich opent, wordt als synchronisa-tiesignaal gebruikt. Het programma laat zien hoe dat in zijn werk gaat.

```
10 REM SYNCHRONISATIE
20 DEFINT A-Z
30 SCREEN 5
40 COLOR=(1,0,0,0)
50 COLOR=(2,1,1,1)
```

```
60 COLOR=(3,2,2,2)
70 COLOR 1,3,1:CLS
80 COLOR=(4,3,3,3)
90 COLOR=(5,4,4,4)
100 COLOR=(6,5,5,5)
110 COLOR=(7,6,6,6)
120 COLOR=(8,7,7,7)
130 COLOR=(9,7,7,7)
140 LPRINT CHR$(27);"3";CHR$(3);
150 FOR Y=0 TO 212 160 LPRINT".............................."
170 IF NOT STRIG(1 THEN 170
180 IF STRIG(1 THEN 180
190 FOR X=0 TO 130
200 C=PDL(1)/25+1
210 FOR 0=0 TO 9-C : NEXT
220 PSET(X,Y),C
230 NEXT X
240 NEXT Y
250 BSAVE"PLAAT2.SCR",0,&H3FFF,S
260 GOTO 260
```

In regel 170 wordt gewacht tot de slede helemaal naar de linkerkant is verplaatst en zodoende het reed-relais sluit.

Regel 180 neemt dan de werkzaamheden over en zorgt ervoor dat er pas naar het beeld wordt geschreven als de printslede zich weer in beweging heeft gezet waardoor het relais weer geopend wordt. Omdat dit altijd op dezelfde plaats gebeurt, is de synchronisatie perfect. Het synchroniseren van beeldpunt en printer kan ook met een microschake-laar die in plaats van het reed-relais in de printerkast wordt vastgekleefd. Een haaks omgevouwen bladveertje op de printslede zorg voor de schakelaarbe-krachtiging. Voor dit lipje kan een batterij-aansluitlip van een platte 4,5 V-bat-terij worden afgeknipt en met een kleefkussentje vastgezet. Een microschake-laar is in ieder geval even betrouwbaar als een reed-relais en voldoet uitstekend.

Toch vertoont een beeld dat op deze wijze opgenomen is nog merkwaardige vertekeningen, vooral aan de rechterzijde.

Hier doet zich een fenomeen voorwaarwe niet helemaal op hadden gerekend. De MSX heeft voor het verwerken van een lichte pixel meertijd nodig dan voor de verwerking van een donkere pixel. Heldere delen in het opgenomen schermbeeld zijn dan ook smaller dan de donkere delen. Om dit verschijnsel te compenseren, is regel 210 opgenomen.

```
210 FOR Q=0 TO 9-C : NEXT
```

Bij een lichte pixel hoort een hoog kleurnummer. Hoe hoger het kleurnummer, des te korter de wachtlus.

Deze regel is om nog een andere reden belangrijk. De hoogte van de opgenomen beelden is afhankelijk van de regelafstand waarover de printer het origineel beweegt. In dit programma is de afstand vastgelegd met CHR$(3). De breedte van het beeld kan

uitstekend worden beïnvloed door het getal 9 in regel 210 aan te passen.
Als de juiste hoogte-breedte verhouding is ingesteld, zal blijken dat niet het gehele scherm is gevuld. In de praktijk wordt aleen de linkerschermhelft beschreven. De X-coördinaat in regel 190 is daarop aangepast. Een origineel van het formaat A4 vult het linkerschermgedeelte. In feite een ideale situatie omdat er op deze wijze twee A4-afbeeldingen op een beeldscherm naast elkaar passen. Hoe we dat voor elkaar krijgen, komt later aan de orde. Eerst lossen we het grijstintenprobleem op.
Het is niet erg moeilijk om de opnemer achtereenvolgens op het lichtste en het donkerste deel van het origineel te zetten en de computer zelf een berekening te laten doen om tot een mooie grijsverdeling te komen. Echter, elke berekening in de meetlus vraagt tijd. Het is daarom beter de meting met de hand te doen. Dat gaat ook snel en eenvoudig. Zet de opnemer op het lichtste deel van de op te nemen afbeelding en typ:

```
PRINT PDL(l)
```

Doe hetzelfde op het donkerste deel. De twee getallen die nu in beeld verschijnen, worden van elkaar afgetrokken. Deel het resultaat door acht. De uitkomst wordt tot een geheel getal afgerond en opgenomen in regel 200. Daar staat nu 25 als deelgetal. Een correctie voor de helderheid wordt berekend door het getal dat bij donker beeld hoort, af te trekken van de meetwaarde. Bijvoorbeeld: Het getal dat bij een lichte partij hoort is 223 en bij een donkere partij meten we 86. Het verschil gedeeld door acht is afgerond 17. De regel die de helderheid vastlegt ziet er dan zo uit:

```
200 C=(PDL(1)-86)/17
```

Het kan gebeuren daler plaatselijk gele puntjes in het beeld verschijnen. In dat geval heeft C de waarde negen of tien. Door van het helderheidsgetal één of twee af te trekken, kan dat eenvoudig worden bijgesteld. Nog beter kan het deelgetal worden vergroot.
C mag niet kleiner dan 1 worden. Dat wordt bereikt met een kleine toevoeging:

```
200 C=PDL(1)/15-3 : IF C<1 THEN C=1
```

Eventueel kan de andere grens worden beveiligd met een tweede toevoeging:

```
200 C=PDL(1)/15-3 202 IF C<1 THEN C=1 205 IF C>8 THEN C=8
```

Het kan gebeuren dat door deze manipulaties in de meetlusdelengte/breedte-verhouding van het beeld in het gedrang komt. In dat geval zal de regelafstand moeten worden verhoogd tot vijf of zes. Dat doen we in regel 140. Een beetje experimenteren, resulteert al snel in leuke resultaten. Voer het programma uit met de nieuwe regels en klaar is het elektronische fototoestel. Toch hebben al deze rekenpartijen een nadeel. Doordat elke berekening een iets andere tijd in beslag neemt, wordt een rafelige structuur zichtbaar. De beste methode is uit te gaan van een fotokopie van de gewenste afbeelding, die zo gekopieerd is dat de lichte partijen echt wit zijn en de donkere partijen echt zwart. Maak de kopie zo licht mogelijk. De praktijk wijst uit dat een kopie al gauw te donker is. Originele kleurenfoto's zijn minder geschikt omdat kleuren er in het infraroodgebied heel

anders uitzien. Voor we verder gaan met andere interessante aspecten van de MSX, maken we eerst nog even gebruik van de werkelijk verbazingwekkende grafische prestaties van de MSX2.

7.5 Beeldmanipulatie

Om enig plezier van deze paragraaf te kunnen hebben, is het nodig dat er enkele op schijf opgenomen beelden tot onze beschikking staan. We gaan ervan uit dat ze zich aan de linkerzijde van het beeld bevinden. We noemen ze PLAAT.SCR. Als uw eigen beeldjes anders heten, vervang de genoemde namen dan voor de namen van uw eigen creaties. Onder SCREEN 5 kunnen vier afzonderlijke hoge resolutie beelden worden opgeslagen. We lezen ze als volgt in:

```
10 REM MANIPULEREN MET BEELDEN
20 SCREEN 5:CLS
30 COLOR=(1,0,0,0)
40 COLOR=(2,1,1,1)
50 COLOR=(3,2,2,2)
60 COLOR=(4,3,3,3)
70 COLOR=(5.4,4,4)
80 COLOR=(6,5,5,5)
90 COLOR=(7,6,6,6)
100 COLOR=(8,7,7,7)
110 COLOR=(9,7,7,7)
120 COLOR=(10,7,7,7)
130 COLOR1,1,1:CLS
140 SET PAGE 0,0 CLS
150 SET PAGE 1,1 CLS
160 SET PAGE 2,2 CLS
170 SET PAGE 3,3 CLS
180 SET PAGE 0,0 BLOAD "PLAAT7.SCR",S
190 SET PAGE 1,1 BLOAD "PLAATS.SCR",S
200 REM SET PAGE 2,2 : BLOAD "PLAAT9.SCR",S
210 SET PAGE 3,3 BLOAD "PLAAT10.SCR",S
220 I=-1
230 FOR T=1 TO 20
240 I=I+1 : IF I=4 THEN I=0
250 SET PAGE 1,0
260 FOR Q=1 TO 200 : NEXT Q
270 NEXT T
280 BEEP
290 SET PAGE 0,1
300 FOR T=1 TO 1000 : NEXT
310 COPY (0,0)-(130,212) TO (130,0)
320 SET PAGE 1,1
330 COPY (0,60)-(128,170),1 TO (130,24),0
```

```
340 FOR T=1 TO 2000 : NEXT T
350 SET PAGE 0,0
360 FOR T=1 TO 2000 : NEXT T
370 SET PAGE 1,1
380 FOR T=1 TO 2000 : NEXT T
390 SET PAGE 0,0
400 FOR X=0 TO 20
410 COPY (0.60)-(128,170),1 TO (24+6*X,24+4*X),0
420 NEXT X
430 COPY (0,60)-(128,170),1 TO (24,24),0
440 FOR T=1 TO 2000 : NEXT T
450 CLS
460 FOR T=1 TO 19
470 X=20+RND(1)*90:Y=RND(1)*90
480 COPY (0,60)-(128,170),1 TO (X,Y),0
490 NEXT T
500 FOR T=1 TO 2000 : NEXT T
510 GOTO 10
```

MSX2 kan in de SCREEN 5-toestand vier hoge resolutie beelden opslaan. Een opgeslagen beeld wordt vastgelegd op een pagina. Als er een pagina wordt afgebeeld, wil dat niet zeggen dat we er ook iets mee kunnen doen. Alleen naar een actieve pagina kunnen beelden worden geschreven. Of een pagina actief
en/of op het scherm wordt afgebeeld, kan worden geregeld met de SET PAGE opdracht.
SET PAGE 0,0 betekent dat pagina O wordt afgebeeld en bovendien actief is.
SET PAGE 1,0 geeft aan dat pagina 1 op het scherm te zien is, maar dat pagina O actief is. Dat wil zeggen, we kunnen beelden op pagina O vastleggen.
Een andere krachtige grafische opdracht is de kopieeropdracht.
Een rechthoekig deel van een willekeurige pagina kan naar een willekeurige plaats van elke andere pagina worden gekopieerd. Uiteraard kan een deel van een pagina ook op dezelfde pagina nogmaals worden afgebeeld.

```
COPY (0,26)-(120,165),0 TO (10,20),3
```

Deze COPY-opdracht kopieert het beeld in het vierkant tussen de coördinaten 0,26 en 120,165 van pagina 0 naar een rechthoek op pagina 3, waarvan de linkerbovenhoek de coördinaten 10,20 heeft.
In het programma worden de pagina's waarop eventueel reeds in een vorige programma-uitvoering beelden werden opgeslagen, eerst gewist. Vervolgens worden vier beelden ingelezen. Ze moeten natuurlijk wel onder deze naam op de schijf voorkomen. Er passen negen beelden op een schijfje. Er is dus plaats genoeg. Na het inlezen, worden ze afwisselend getoond. Vervolgens wordt een deel van één van de beelden op verschillende wijzen naar andere pagina's gekopieerd. De coördinaten van het deelbeeld hangen natuurlijk sterk af van het desbetreffende plaatje. Enig experimenteerwerk zal zonder meer noodzakelijk zijn.

De snelheid waarmee een MSX2 beelden verplaatst, is indrukwekkend. Het loont de moeite vier beelden op te nemen die onderling iets verschillen. Door ze snel af te wisselen, zoals in het beschreven programma gebeurt, ontstaat er een bewegend beeld. Vier portretfoto's met elk een andere gezichtsuitdrukking geven een levensechte animatie.

7.6 Schoon scherm

Bij het opnemen van een beeld kan het gebeuren dat er ongewenst randen worden mee'gefotografeerd'. Bovendien staat het beeld altijd links van het scherm. Een handig programma om het beeld op te poetsen, is eigenlijk onmisbaar.

```
10 REM VERPLAATS DE OPNAME
20 CLS : KEY OFF
30 INPUT"Naam (zonder .SCR) ";N$
40 DEFINT A-Z
50 DIM C(100,100)
60 SCREEN 5
70 SET PAGE 1,1 : CLS
80 SET PAGE 0,0
90 COLOR=(1,0,0,0)
100 COLOR=(2,1,1,1)
110 COLOR=(3,2,2,2)
120 COLOR=(4,3.3,3)
130 COLOR=(5,4,4,4)
140 COLOR=(6,5,5,5)
150 COLOR=(7,6,6,6)
160 COLOR=(8,7,7,7)
170 COLOR=(9,7,7,7)
180 COLOR 1,1,1 : CLS
190 BLOAD "a:"+N$+".SCR",S
200 P=STICK(0)
210 X=X+(P=6)+(P=7)+(P=8)-(P=2)-(P=3)-(P=4)
220 IF X<0 THEN X=0 : IF X>255 THEN X=255
230 Y=Y+(P=2)+(P=1)+(P=8)-(P=4)-(P=5)-(P=6)
240 IF Y<0 THEN Y-0 : IF Y>212 THEN Y=212
250 C=POINT(X,Y)
260 PSET(X,Y),1
270 FOR Q=1 TO 10 : NEXT
280 PSET(X,Y),7
290 FOR Q=l TO 10 : NEXT
300 PSET(X,Y),C
310 IF STRIG(0)THEN X(N)=X : Y(N)=Y : N=N+1
320 IF N=0 THEN GOTO 200
330 IF N=1 THEN GOTO 200
340 IF N=2 THEN GOTO 360
350 IF N=3 THEN COPY(X(0),Y(0))-(X(1),Y(1)),0 TO
```

```
(X(2),Y(2)),1 : BEEP : SET PAGE 1,1 :
BSAVE"A:"+N$+".SCR",0,&H7FFE,S : BEEP :
BLOAD"A:"+N$+".SCR",S : N=0 : GOTO 200
360 LINE (X(0),Y(0))-(X(1),Y(1)),1,B
370 LINE (X(0)-1,Y(0)-1)-(X(1)+1,Y(1)+1),7,B
380 GOTO 200
```

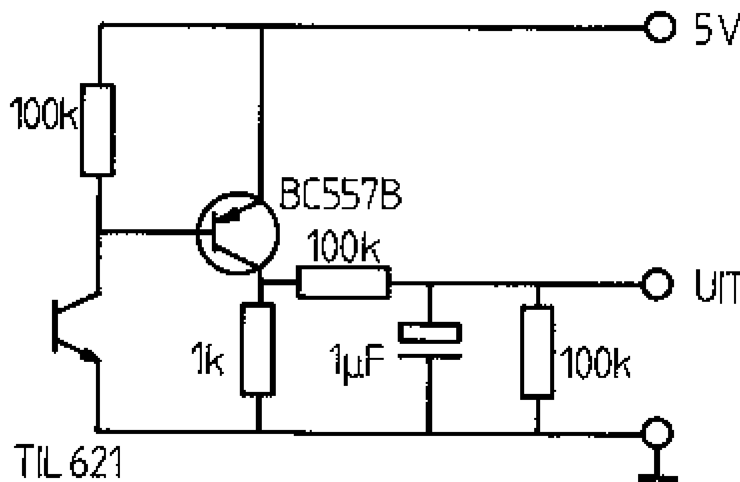
Nadat de naam van het gewenste beeld is opgegeven, wordt het geladen en op het scherm gezet. In de linkerbovenhoek verschijnt een cursor in de vorm van een knipperend puntje. Dit puntje kan met de pijltoetsen naar de plaats worden gedirigeerd waar we de nieuwe linkerbovenhoek willen hebben. Dit wordt bevestigd met een aanslag op de spatiebalk. Vervolgens doen we hetzelfde voor de rechterbenedenhoek. Er verschijnt nu een kader om het nieuw gedefinieerde beeld. Met het opnieuw verschenen knipperlichtje kan nu een nieuwe positie van de linkerbovenhoek worden aangegeven. Na een herhaalde druk op de spatiebalk wordt het beeld binnen het kader verplaatst naar de nieuwe positie en in die stand opnieuw op schijf gezet en wel onder dezelfde naam. Ter controle wordt het beeld onmiddellijk weer geladen en indien nodig kan de gehele procedure worden herhaald. Zorg ervoor dat het eerste punt altijd het linkerbovenpunt is. Anders kon u weleens worden verrast door het
feit dat het beeld buiten het scherm wordt gereconstrueerd. Hoewel er dan misschien nog een randje van zichtbaar is, kan het dan niet meer uit de prullenbak worden worden gered.
Tot nu toe hebben we met grijstinten gewerkt. Het invoeren van een kleurtje is kinderwerk. In de programmaregels die de kleuren vastleggen, hebben Rood, Groen en Blauw dezelfde waarde. Door ze afwijkende combinaties te geven, bijvoorbeeld:

```
COLOR=(3,3,2,7)
```

kunnen zeer onwezenlijke effecten bereikt worden. Omdat deze kleuren niets met de werkelijkheid te doen hebben, worden ze door de vakman 'false colors' genoemd.
We zouden bijna vergeten dat we met een elektronicaboek bezig zijn. Eigenlijk is het manipuleren met leuke prentjes veel aardiger. Graag zou ik dan ook met u in willen gaan op de intrigerende grafische mogelijkheden van deMSX2. Om echter onenigheid met de uitgever te voorkomen, gaan we snel over naar een geheel ander elektronicaproject.

8 Een lichtpen

Lichtpennen worden vaak gebruikt om streepjescodes op verpakkingen te lezen. Als aanwijzer op het beeldscherm kan een lichtpen ook goede diensten bewijzen. Een pen van dit laatste type zullen we in dit hoofdstuk beschrijven.
Het scherm van een beeldbuis wordt zeer snel afgetast door een elektronenbundel.Als de bundel de fosforlaag aan de binnenzijde treft, licht het fosfor op.Dit korte moment van oplichten zouden we kunnen detecteren. Door te onderzoeken welk beeldpunt op dat ogenblik wordt aangestuurd, kan de positie van de pen worden bepaald. Een lichtpen van dit type vraagt echter om zeer snelle verwerking van meetgegevens, omdat de X- en de Y-coordinaat van de aangewezen positie moeten worden berekend vanuit de lijnfrequentie van de monitor. Gezien dit boek ookzonder machinetaal al moeilijk genoeg is, gaan we hier uit van een iets ander uitgangspunt. Op een donker scherm zetten we een aantal oplichtende puntjes, sprites, letters of cijfers die we aanwijzen met de pen.



Afb. 8.1. Lichtpen

Het elektronisch schema voor zo'n lichtpen is niet ingewikkeld en bovendien niet onbekend. De lichtopnemer uit het vorige hoofdstuk is zeer bruikbaar als we de infrarood LED weglaten. De infrarood transistor is namelijk ook gevoelig in het gebied van het zichtbare licht. Als we de opnemer op het scherm richten, zien we aan de uitgang een nogal onrustig beeld. Het lichtgebeuren op het scherm zit vol pulsvormige signalen die we voor deze toepassing liever kwijt zijn. Een eenvoudig laagdoorlaatfiltertje achter de schakeling poetst het signaal op tot een schoon gelijkspanningssignaal dat zo de analoog/digitaal-omzetter in kan. Om de schakeling in een normale balpen te laten passen, laten we het printje weg en solderen de onderdeeltjes zoveel mogelijk in lengterichting aan elkaar.Een knoop in de draad dient als trekontlasting.

We gebruiken een IF...THEN-opdracht om bepaalde zaken in een programma te realiseren.

IF PDL(1)>100 THEN ...

Het getal in de IF-conditie (100) hangtafvan de lichtsterkte van de beeldbuis. Om te onderzoeken of de pen werkt, zetten we een teken op het scherm dat met de pen wordt aangewezen. Als dat juist gebeurt, geeft de computer een teken van goedkeuring.

```
10 REM LICHTPEN
20 COLOR 15,1,1 : CLS
30 LOCATE 10,10 : PRINT"B"
40 IF PDL(1)>20 THEN BEEP
50 GOTO 20
```

Gebeurt er niets,of blijft de luidspreker volhoudend piepen, pas dan het getal in de PDL-opdracht aan.

Sprites zijn erg geschikt om te detecteren. Ze laten zich bovendien goed gebruiken in spelletjes. Ook in een menu-gestuurd programma zijn sprites erg dankbaar. Maak een keuze met de lichtpen.

```
10 REM KIES EEN SPRITE
20 SCREEN 2,0:COLOR 15,1,1:CLS
30 FOR N=1 TO 3
40 S$(N)=""
50 FOR I=1 TO 8 : READ S : S$(N)=S$(N)+CHR$(S) : NEXT I
60 SPRITE$(N)=S$(N)
70 NEXT N
80 DATA 0,255,195,60,102,195,255,0
90 DATA 31,17,17,255,255,255,102,102
100 DATA 12,24,49,255,49,24,12,0
110 FOR N=1 TO 3
120 PUT SPRITE N,(100,20*N),15,N
130 IF PDL(1)>10 THEN BEEP : GOTO 170
140 PUT SPRITE N,(100,20*N),1,N
150 NEXT N
160 GOTO 110
170 FOR X=0 TO 255
180 PUT SPRITE N,(X,100),10,N
190 NEXT X
200 GOTO 110
```

Dit programma dient slechts ter illustratie. Met knipperende sprites kan een keuze-menu worden samengesteld dat is opgebouwd uit ikonen. Dat zijn symbooltjes die aangeven waar het om gaat. Een soort pictogrammen dus. De uitwerking van de programmatuur mag u zelf ter hand nemen. Voor het leren programmeren koop je nu eenmaal geen elektronicaboek.

Een laatste voorbeeldje is bedoeld voor de muziekliefhebber. Componeer een deuntje met

de lichtpen door de oplichtende noten aan te wijzen. Als er geen fouten in het typwerk zitten, herhaalt het melodietje zich eindeloos. Leuk voor de buren.

```
10 REM MUZIEK
20 SCREEN 2 : COLOR 15,1,1 : CLS
30 OPEN "GRP:" AS#1
40 DIM M$(20)
50 FOR Y=l TO 7
60 LINE(0,10*Y)-(255,10*Y)
70 NEXT Y
80 FOR Y=1 TO 7
85 PSET(10,10*Y-3) : PRINT#1," " : 'graph p
90 FOR Q=1 TO 3
100 IF PDL(1)>10 THEN N=N+1 : GOSUB 170
110 NEXT Q
120 COLOR 1
130 PSET(10,10*Y-3):PRINT#1," " : 'graph-p
140 COLOR 15
150 NEXT Y
160 GOTO 80
170 FOR T=1 TO 200 : NEXT T
180 IF N>10 THEN FOR T=l TO 10 : CLS : PLAY M$(T) :NEXT T:GOTO 180
190 IF Y=7 THEN PLAY"A" M$(N)="A" RETURN
200 IF Y=6 THEN PLAY"B" M$(N)="B" RETURN
210 IF Y=5 THEN PLAY"C" M$(N)="C" RETURN
220 IF Y=4 THEN PLAY"D" M$(N)="D" RETURN
230 IF Y=3 THEN PLAY"E" M$(N)="E" RETURN
240 IF Y=2 THEN PLAY"F" M$(N)="F" RETURN
250 IF Y=l THEN PLAY"G" M$(N)="G" RETURN
```

De elektronicaprojecten die tot nu toe de revue zijn gepasseerd, hebben allemaal betrekking op het naar binnen halen van gegevens. In het volgende hoofdstuk zullen we kennis maken met technieken die het mogelijk maken externe gebeurtenissen met de MSX te sturen.

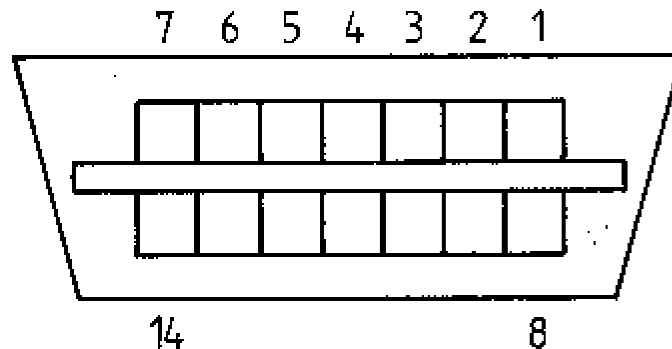
9 Sturen met de MSX

9.1 De interface

Het besturen van processen met behulp van de computer is in de industrie volledig ingeburgerd. In de hobbysfeer wordt snel aan spoortreintjes gedacht. Terecht, want de computer kan zeer flexibel omgaan met ingewikkelde emplacementen, beveiligingen en tijdschema's.
Veelal zien we nogal ingewikkelde interface-elektronica verschijnen als computers worden ingezet voor besturingsfuncties. In dit hoofdstuk zullen we zien dat het ook eenvoudig kan. Meestal wordt voor interface-doeleinden gebruik gemaakt van een bus-aansluiting, een randconnector die meestal aan de achterzijde zit. MSX heeft één of twee van zulke aansluitingen in de vorm van sleuven waarin uitbreidingen of spelletjes kunnen worden gestoken. Daar vinden we alle signalen die nodig zijn voor de communicatie met buiten. Toch doen we het hier op een andere manier. We gaan ons niet verdiepen in het binnenste van de MSX, maar we doen gewoon of de door ons aan te sluiten elektronica een printer is. We gebruiken dan ook een normale printerkabel tussen de parallelle uitgang van de computer en de in dit boek te ontwerpen elektronica. Dit houdt dan tevens in dat de te ontwikkelen schakelingen niet MSX-gebonden zijn. Elke computer met een centronics-printeruitgang (en dat zijn ze vrijwel allemaal) kan op de hier beschreven wijze worden gebruikt.
Voor we naar de soldeerbout grijpen, bestuderen we de kabelaansluitingen (afb. 9.1).

Pen	Functie	
1	$\overline{\text{PSTB}}$	uit
2	PDB0	uit
3	PDB1	uit
4	PDB2	uit
5	PDB3	uit
6	PDB4	uit
7	PDB5	uit
8	PDB6	uit
9	PDB7	uit
10	NA	
11	BUSY	in
12	NA*)	
13	NA	
14	MASSA	

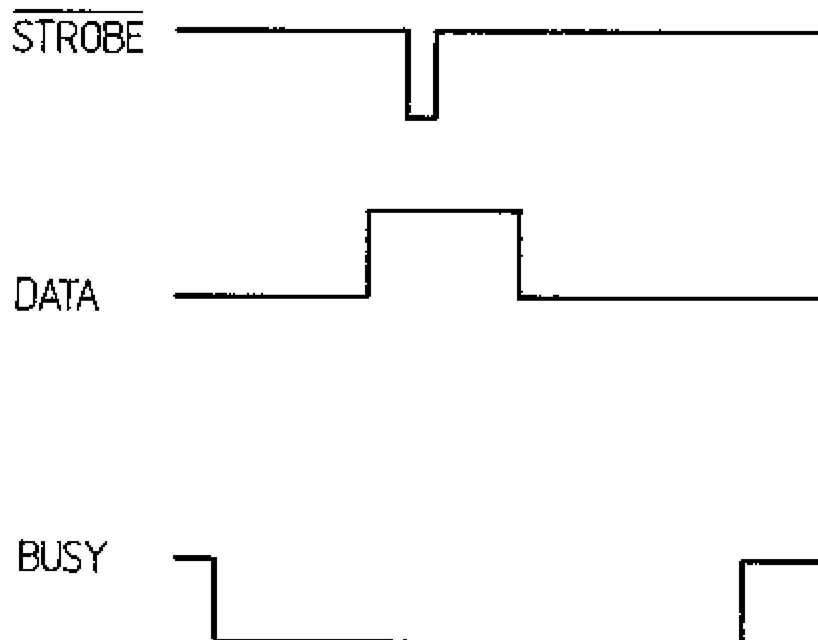
*) papier detectie



Afb. 9.1. Printeruitgang

Allereerst valt een aantal aansluitingen op met de aanduiding PDB. Dat zijn de data-uitgangen, genummerd van O tot 7. Op deze acht aansluitingen komt de

door de computer uitgezonden code te staan. De acht aansluitingen voeren een binair getal uit dat uit nullen en enen is opgebouwd. Het getal op de DATA-lijnen is maximaal 255 (8-bits). Afgezien van een massa-aansluiting (pen 14) en drie niet gebruikte aansluitingen (pen 10,12 en 13) zien we verder nog de aanduiding PSTB en BUSY. Computers en printers laten elkaar weten wat ze aan het doen zijn. De printer heeft een BUSY-uitgang. Als deze bereid is gegevens te ontvangen, wordt de BUSY-lijn hoog. De computer kan dan zenden. Als de computer een woord (getal tussen O0en 255) op de uitgangslijnen PDB 0-7 zet, laat hij dat weten door op de PSTB-uitgang een puls te geven. PSTB betekent 'strobe'. Het streepje boven de letters PSTB betekent dat het een negatieve puls is. Deze methode van communiceren wordt 'handshake' genoemd. Printer en computer geven elkaar een handje.



Afb. 9.2. De 'handshake'-procedure

We kennen dat tafereel ook op een veemarkt. Als er een nieuwe prijs is genoemd, slaan koper en verkoper elkaar op de hand als bevestiging van de ontvangst van het bericht.
De negatief gaande strobe-puls duurt niet langer dan enkele microseconden. De data wordt kort voor het verschijnen van de strobe-puls op de uitgangen gezet en blijft daar tot de volgende gegevens zich aandienen. Als het BUSY-signaal hoog is, worden geen gegevens verzonden. Stel dat we de computer het getal 41 willen laten verzenden.

```
LPRINT CHR$(41)
```

De ASCII-waarde 41 komt overeen met de hoofdletter "A". Op de data-uitgangen staat dan:

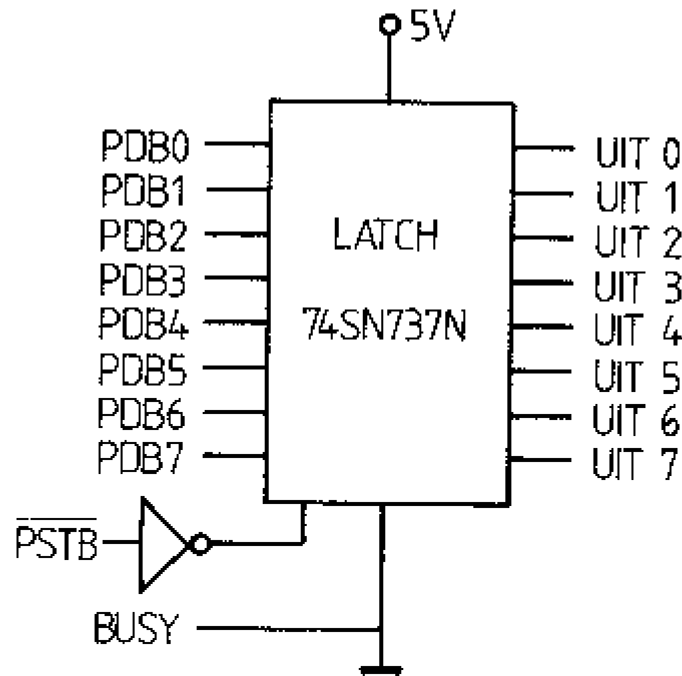
Pennummer Toestand Waarde

1	1	1
2	0	0
3	0	0
3	1	8
4	0	0
5	1	32
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14_	0	0
		waarde = 41

Als we met de te bouwen interface een printer willen imiteren, dienen we ervoor te zorgen dat het BUSY-signaal laag is gedurende de tijd dat de gegevens worden verzonden.
We kunnen de data-uitgangen zonder meer gebruiken voor het schakelen van functies. Zelfs het strobe-signaal hoeft hiervoor niet te worden gebruikt. Toch is dat niet verstandig. Een sluiting is gauw gemaakt en we willen schade in de computer zelf, koste wat kost, voorkomen. Bovendien is het interessant om het werken met het strobe-signaal onder de knie te krijgen. Verderop in dit boek zullen we er gemak van hebben. We blijven doen of onze schakeling een echte printer is en ontvangen het signaal uit de computer op gepaste wijze. We duiken even in een IC-boek om te onderzoeken of daar iets voor bestaat. En jawel, een latch-IC van het type 74LS373N zou de taak als dummy printer uitstekend kunnen vervullen. Een latch is een schakeling met meer dan één ingang en een even groot aantal uitgangen. Bij het verschijnen van een puls op de stuuringang wordt de toestand van de ingangen naar de uitgangen overgebracht.

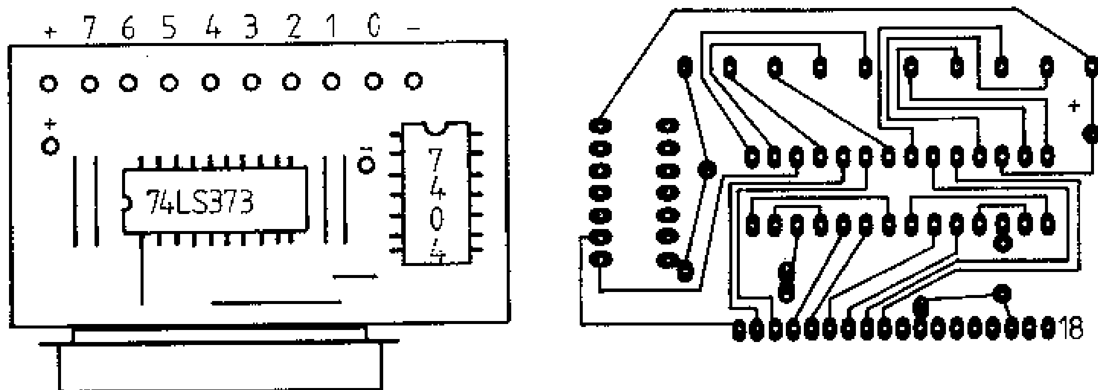
Stel nu dat we de latch-ingangen verbinden met de data-uitgangen van de computer en we gebruiken de strobe-puls als stuursignaal. Stel dat we dan ook nog de BUSY-lijn aan massa leggen (zie afb. 9.4).
De schakeling lijkt dan al aardig te doen wat we ervan verwachten. We voeren een getal uit door middel van een printopdracht en de latch-uitgangen houden dit getal vast tot er een nieuw getal wordt aangeboden. Als we elke uitgang van een relais zouden voorzien, kunnen we de relais selectief bekrachtigen door een zodanig getal te laten printen dat de gewenste combinatie van relais wordt geactiveerd. Toch schuilt er nog een addertje onder het gras. Zoals opgemerkt, is het STROBE-signaal een negatieve puls. Het uitgezochte latch-IC heeft echter een positieve puls nodig om de data van de ingang naar de uitgang te transporteren. We zijn dus genoodzaakt om het STROBE-signaal te inverteren. Het is duidelijk dat we hier een inverter voor gebruiken. In het IC 74LS04 zitten maar liefst zes van dit soort schakelingen. Het is jammer van de moeite die het gekost heeft dit IC te maken, maar we gaan vijf van de zes inver-terende schakelingen gewoon niet gebruiken.

Als u er moeite mee heeft kunt u naar een andere oplossing zoeken (het signaal vijf keer inverteren bijvoorbeeld). Het complete schema komt er nu uit te zien zoals afbeelding 9.4 laat zien.



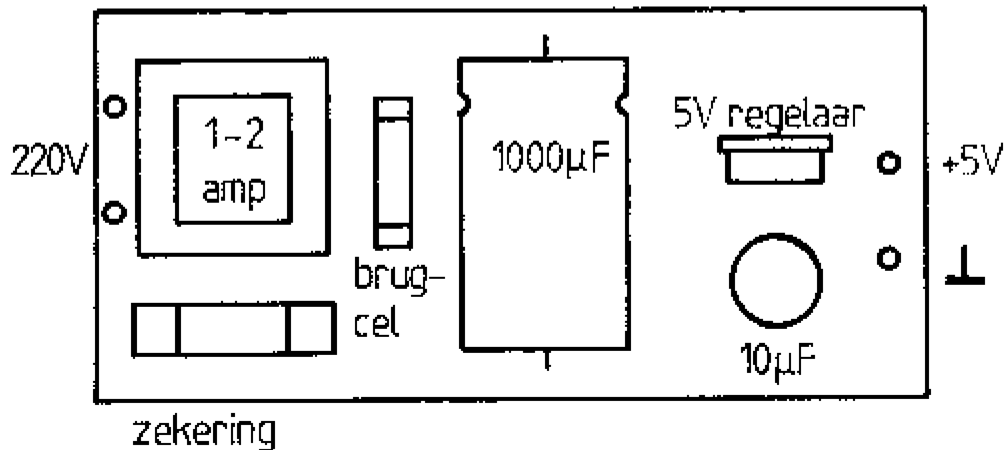
Afb. 9.4. Geïnverteerd STROBE-signaal

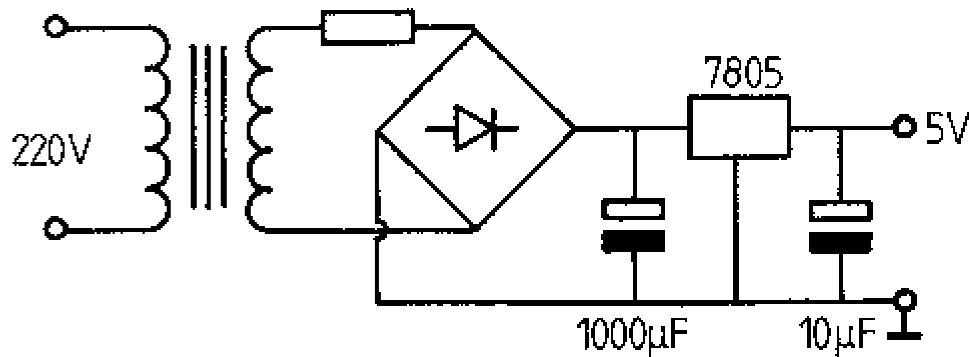
Bij het printontwerp kunnen we twee kanten uit. Een aparte printerkabel, speciaal voor deze schakeling kan rechtstreeks aan de print worden gesoldeerd. Aan het andere einde komt dan de MSX-printerplug. Dit is niet de methode die hier wordt uitgewerkt. Enerzijds is zo'n kabel aan de print lastig in verband met het opbergen. Anderzijds zou het prettig zijn als onze schakeling er als een echte printer zou uitzien. Met een normale centronics-ingang dus. Het gebruik is dan niet uitsluitend tot MSX-computers beperkt. De print is uitgevoerd met een reeks aansluitpennen waardoor het koppelen aan andere schakelingen betrouwbaar kan gebeuren. Hoewel MSX geen papierdetectie heeft, hiervoor is aansluitpen nummer 12 gereserveerd, leggen we pen 12 toch maar aan massa. Andere computers, met name PC's, hebben wel zo'n detectie. Als pen 12 los zou blijven hangen, verschijnt de boodschap 'Out of paper' op het scherm. Iets dergelijks geldt voor pen 13. Als deze hoog is, weet de computer dat de printer 'on line' is. Door deze pen los te laten hangen, wordt deze door de computer vanzelf naar de hoge toestand getrokken. Deze aansluiting kan eventueel door u worden gebruikt om de computer te laten wachten, bijvoorbeeld tot een bepaalde handeling is verricht.



Afb. 9.5. Componentenopstelling uitvoerprint

Een bijzonderheid vormt de voeding. Hoewel de voedingsspanning niet op de printeraansluiting aanwezig is, kunnen we hem gemakkelijk met een extra lijntje van de joystick-aansluiting halen. Het printje zelf kan zonder enig bezwaar uit de computer worden gevoed. Dat geldt echter niet voor alle schakelingen die er nog worden aangehangen! Omdat de MSX een acht-bitter is, kunnen we als het moet 256 LEDS, relais of andere gebruikers aansluiten. Zelfs als één LEDje maar 10 mA trekt, vraagt dat al meer dan 2,5 A. En dat is zelfs voor de meest stevige computer te veel. We zullen met het oog op toekomstige uitbreidingen gelijk maar voorzien in een eigen voeding.



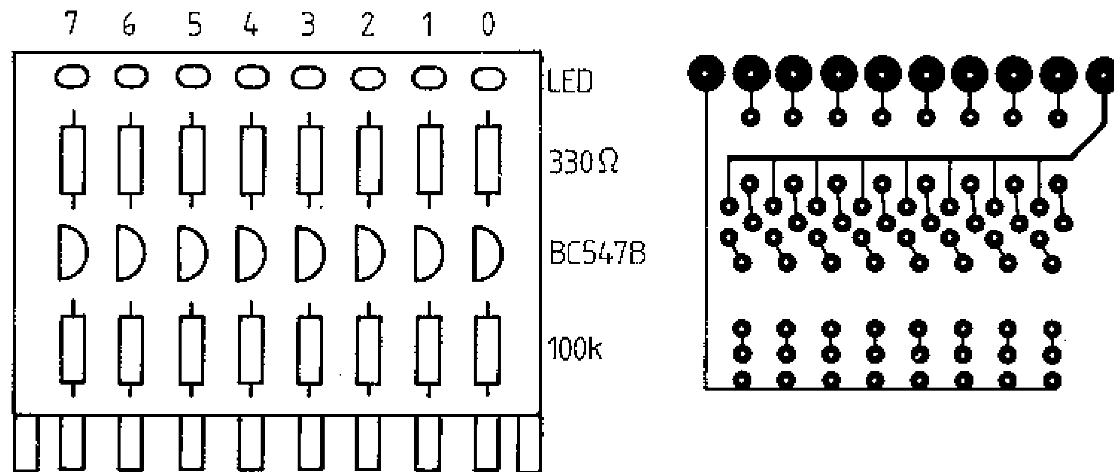


Afb. 9.6. Een stevige voeding

De voeding kan eenvoudig worden gehouden. Met een trafo, een brugcel, twee eico's en een 5 V-regelaar (7805) mag dat geen moeilijkheden opleveren. Vergeet niet een zekeringetje op te nemen. De grootte van de (6 V-) trafo hangt een beetje af van de toekomstige toepassingen. Iets tussen de 1 en 2 A lijkt voor de meeste gevallen wel geschikt.

9.2 Een handige controleschakeling

Voor we met de uitgangsschakeling aan het werk gaan, solderen we een handig hulpmiddeltje in elkaar. We maken een opsteekprintje waarop voor ieder kanaal een LED aanwezig is. Omdat een LEDje altijd nog flink wat stroom trekt, in ieder geval te veel voor het gebruikte IC, gebruiken we een transistor als buffer. Per kanaal hebben we dus één transistor, twee weerstanden en één LED nodig. Een printje maakt er een handzaam geheel van. Aan de printrand zorgt een rij printbusjes voor aansluiting met de printpennen op de uitgangspunt.
Door twee kleuren LEDS om en om toe te passen, kunnen de even en oneven kanaalnummers gemakkelijk worden herkend. Tot zover de hardware. Over nu naar het interessante deel.



Afb. 9.7. LED-print

9.3 De software

Eenvoudiger kan het haast niet:

LPRINT CHR$(1)

laat een 1 op de uitgang verschijnen... dat wil zeggen, zou een 1 op de uitgang moeten laten verschijnen. Het tegendeel is echter waar. Kanaal 1 en 3 branden.

2^1 + 2^3= 10

Bij de ASCII-waarde 10 hoort, u raadt het al, een line feed. BASIC sluit namelijk zelf een regel af met een verplaatsing naar de volgende regel. We kunnen dit omzeilen door achter de printopdracht een puntkomma op te nemen.

LPRINT CHR$(1);

En zie, het eerste lampje (kanaal 0) gaat branden. Dat proberen we nog een keer, maar nu met

LPRINT CHR$(100);

En alweer dient een probleem zich aan.
Getallen boven de acht worden ineen directe opdracht toch weer voorzien van een line feed. We kunnen de zaak keurig oplossen door de printopdracht op te nemen in een programma.

```
10 LPRINT CHR$(100);
20 GOTO 20
```

De rest kan aan de fantasie van de lezer worden overgelaten. Op basis van dit heel kleine programma kunnen we de wereld besturen! Als illustratie zullen we enkele programma's opzetten waarmee de ervaring kan worden verrijkt. Een looplicht bijvoorbeeld:

```
10 REM LOOPLICHT
20 FOR I=0 TO 7
30   LPRINT CHR$(2^I);
40   FOR Q=1 TO 10:NEXT Q
50 NEXT I
60 GOTO 10
```

Door het looplicht afwisselend naar links en naar rechts te laten lopen, krijgen we de van de TV welbekend geworden 'KIT-scanner'. U weet wel, die intelli-
gente auto, geprogrammeerd om alle in de serie voorkomende moeilijkheden op te lossen.

```
10 REM KIT-SCANNER
20 FOR I=0 TO 7
30   LPRINT CHR$(2/\I) ;
40   FOR Q=1 TO 10:NEXT Q 50 NEXT I
60 FOR I=7 TO 0 STEP -l 70 LPRINT CHR$(2^i) ;
80 FOR Q=1 TO 10:NEXT Q 90 NEXT I 100 GOTO 10
```

In de laatste twee programma's brandt slechts één LED tegelijk. Het volgende programma laat de binaire opbouw van alle getallen van O tot 255 zien.

```
10 REM VOLLE BEREIK
20 CLS
30 FOR I=0 TO 255
40    PRINT I
50    LPRINT CHR$(I);
60    FOR Q=1 TO 10:NEXT Q
70 NEXT I
80 BEEP
90 GOTO 10
```

Door deze binaire opbouw te decoderen, kunnen we als het moet over totaal 255 uitgangen beschikken. Klinkt dat aantrekkelijk voor de modelspoorliefheb-bers of niet? Op het decoderen of anderszins bewerken van het uitgangsgetal komen we nog terug. Als de LED-print is voorzien van om en om anders gekleurde LEDS dan laat het volgende programma de kleuren afzonderlijk zien.

```
10 REM ROOD/GROEN KNIPPER
20 SET BEEP 3
30 LPRINT CHR$(85);
40 FOR Q=1 TO 200:NEXT Q 50 LPRINT CHR$(170);
60 FOR Q=1 TO 200:NEXT Q
```

```
70 BEEP
80 GOTO 10
90 REM Typ SET BEEP 1
```

Let op de gewijzigde BEEP. Het geluid lijkt een beetje op dat van een spoorwegovergang. Ook als de computer wordt uitgezet, onthoudt hij de nieuwe BEEP. Om het vertrouwde MSX-piepje weer te kunnen horen, typen we SET BEEP 1.
De binaire code van een getal kan natuurlijk op het scherm zichtbaar worden gemaakt door er een gepast programma voor te schrijven. Met de LED-print kan het ook:

```
10 REM DECIMALE ASCII-WAARDEN
20 SCREEN 0 : COLOR 1,10.10
30 LOCATE 1,3 : PRINT" "
40 LOCATE 1,3 : INPUT"Geef getal (0-255) ";N
50 LOCATE 10,10 : PRINT "
60 LOCATE 10,10 : PRINT N
70 LPRINT CHR$(N);
80 BEEP 90 GOTO 30
```

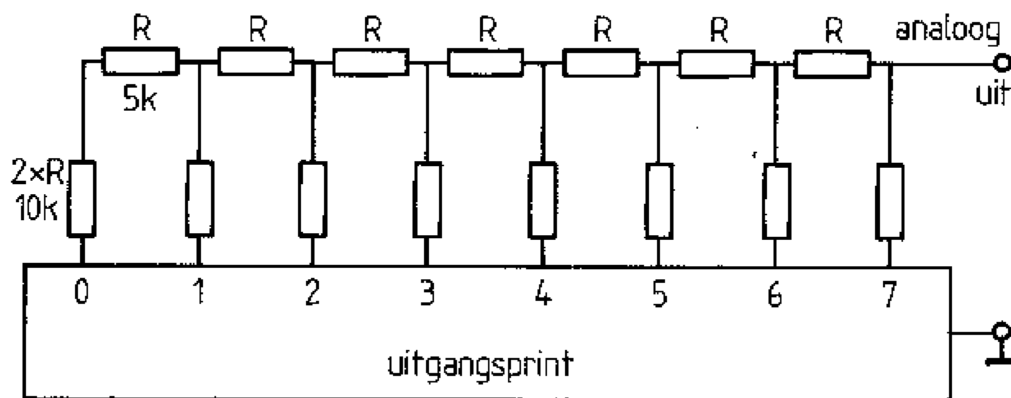
Om de getallen goed af te kunnen lezen, leggen we de print zo dat de aansluit-kabel van ons af wijst. De linker LED geeft dan de toestand van kanaal 1 aan. Als we goed opletten zien we iets merkwaardigs. Bij de opdracht:

```
LPRINT CHR$(9);
```

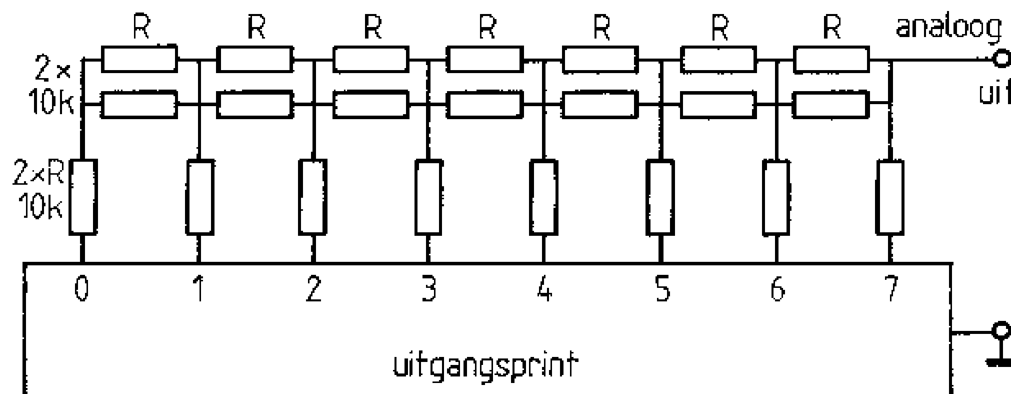
zien we een onverwacht resultaat. In plaats van een 9, verschijnt het getal 32 op de uitgang. Althans, bij een MSX. Een PC liet deze afwijking, die samenhangt met de interpretatie van een tab en een spatie, niet zien. Het kan echter gebeuren dat er kleine afwijkingen optreden. Meestal zijn die beperkt tot een bepaald getal beneden de 32. Omdat dat computerafhankelijk is, is kanaal negen op de print gewoon van onderdelen voorzien. Hierdoor is de schakeling universeel toepasbaar in combinatie met elke centronics-printeruitgang.
Spelletjes met gekleurde LEDs zijn best leuk. Door met de RANDOM-opdracht te spelen, kunnen gok- en reactiespelletjes worden gemaakt. Toch gaan we nog een stapje verder. We zullen allerhande besturingsfuncties realiseren, zowel digitaal als analoog.

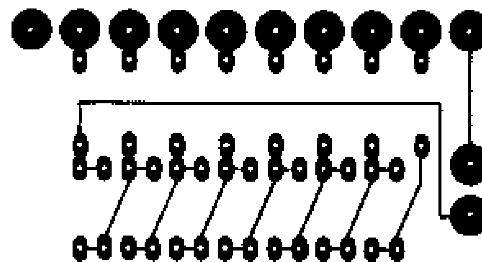
9.4 Twee analoge uitgangen

Hoe we van een binair signaal een analoge spanning maken, wordt aangegeven in afbeelding 9.8.
Met een zogeheten R/2R-netwerk krijgen we de beschikking over een analoog uitgangssignaal waarvan de hoogte evenredig is met het binaire getal. Nu zijn weerstanden meteen verdubbelde waarde moeilijk te krijgen omdat ze buiten de gebruikelijke reeksen vallen. Een slimme oplossing om toch een nauwkeurig netwerk te krijgen, is mogelijk door voor de kleinste weerstand twee weerstanden parallel te schakelen. Alle weerstanden hebben dan dezelfde waarde.



Afb. 9.8. R/2R-netwerk





Afb. 9.9. Praktische uitvoering

Door de weerstanden op een printje te monteren dat tevens voorzien is van stekkerbusjes, kan de digitaal/analoog-omzetter op de pennen van de hoofd-print worden geprikt.
De analoge spanning is opgebouwd uit stapjes. Het oplossend vermogen is hoog, omdat we de beschikking hebben over 255 stapjes. Toepassingen voor de digitaal/analoog-omzetter zijn er legio. De meest voor de hand liggende is een programmeerbare functiegenerator. Het programmeren van een sinus-functie is een fluitje van een halve minuut. Dat wil zeggen, als we het over de maximaal haalbare periodetijd hebben.

```
10 REM SINUSGENERATOR
20 H=3.14159/255
30 FOR I=0 TO 255
40   Y=255*SIN(I*H)
50   LPRINT CHR$(Y);
60 NEXT I
62 BEEP
70 GOTO 30
```

BASIC is namelijk tergend traag in zijn berekeningen. Vooral als er goniometrische functies aan te pas komen. Toch zijn de heel erg lage frequenties niet geheel nutteloos. Als we denken aan het regelen van verlichting en het nabootsen van langzame processen waarin goniometrische variabelen voorkomen, kunnen we aan het trage BASIC toch nog veel plezier beleven.

```
10 REM DE ZON
20 SCREEN 2,2
30 S$=""
40 FOR I=1 TO 32
50 READ S : S$=S$+CHR$(S)
60 NEXT I
70 SPRITE$(1)=S$
80 R=100:H=3.14159/255
90 CIRCLE(100,192),80,12
100 PAINT(100,190),12
110 FOR I=255 TO 0 STEP -l
120 X=100+R*COS(I*H) : Y=192-1.8*R*SIN(I*H)
130 LPRINT CHR$(192-Y);
140 PUT SPRITE 0,(X,Y),10,1
150 NEXT I
160 GOTO 110
170 DATA 128,64,35,31,31,25,61,63,55,59,28,31
180 DATA 31,35,64,128,1,2,196,248,248,152,220
190 DATA 252,236,220,56,248,248,196,2,1
```

De stand van de zon is als analoog signaal op de uitgang beschikbaar. Het inbouwen van een wachtlus (FOR...NEXT) heeft als gevolg dat de snelheid nog kan worden vertraagd. Als we afstappen van goniometrische functies, wordt de maximale frequentie van de analoge signalen al een aardig stuk opgeschroefd.

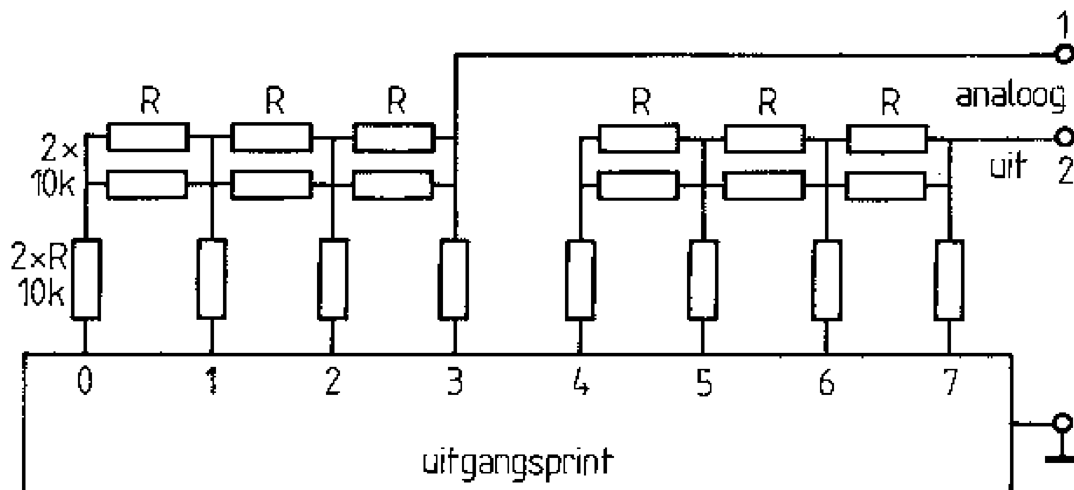
```
10 REM DRIEHOEKGENERATOR
20 FOR 1=0 TO 255 STEP l
30 LPRINT CHR$(I);
40 NEXT I
50 FOR 1=255 TO 0 STEP -l
60 LPRINT CHR$(I);
```

```
70 NEXT I
80 BEEP
90 GOTO 20
```

De maximale frequentie van deze driehoekgenerator is 0,5 Hz als we gebruikmaken van het volledige oplossend vermogen van 256 stapjes. Door het getal achter de STEP-functies te verhogen, gaat de maximale frequentie evenredig omhoog.

```
10 REM STUITERBAL
20 SCREEN 2,3
30 S$=""
40 FOR I=1 TO 32
50   READ S:S$=S$+CHR$(S)
60 NEXT I
70 SPRITE$(1)=S$:SPRITE$(2)=S$
80 FOR I=16 TO 176 STEP 8
90   PUT SPRITE 0,(80,180-1),10,l
100   PUT SPRITE l,(120,1-16),9,2
110   LPRINT CHR$(I);
120 NEXT I
130 FOR I=176 TO 16 STEP -8
140 LPRINT CHR$(I);
150 PUT SPRITE 0,(80,180-1),10,l
160 PUT SPRITE l,(120,1-16),9,2
170 NEXT I
180 BEEP
190 GOTO 80
200 DATA 0,0,3,15,30,30,61,51,15,63,31,31
205 DATA 14,2,0,0,0,0,64,112,248,248,252
210 DATA 240,204,188,120,120,240,192,0,0
```

De ballen stuiteren snel bij een hoge STEP-waarde en langzaam bij een lage STEP-waarde. Door het hoge oplossend vermogen in te leveren, is het ook mogelijk twee analoge spanningen te maken.

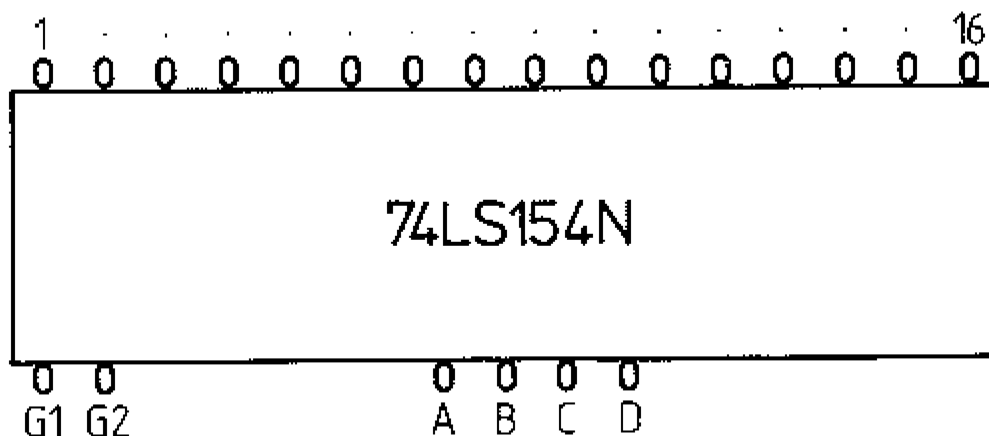


Afb. 9.10. Twee analoge uitgangen

Per uitgang zijn nu 16 stappen beschikbaar. Voor veel toepassingen is dat nog heel bruikbaar. Denk maar aan het besturen van lichteffecten. Met zestien helderheidsgradaties kan een perfect resultaat worden bereikt. Voor het sturen van twee diaprojectoren is een twee-kanaals analoge uitgang erg handig. Overvloeiers en speciale effecten kunnen met een programma tot een spectaculaire diashow worden samengeregen. Voor we hieraan toe zijn, kijken we nog even naar enkele schakelmogelijkheden. We denken hierbij aan spoor-treintjes, disco- en toneelverlichting en meer van dat soort zaken.

9.5 Zestien op een rijtje

Als we naar het uitgangsprintje kijken, zonder het weerstandsnetwerk, dan zouden we door het signaal op de acht kanalen op een gepaste wijze te decoderen de beschikking moeten kunnen hebben over 256 schakelfuncties. Nog afgezien van de gigantische hoeveelheid onderdelen die we voor 256 schakelende kanalen nodig hebben, is het verstandig iets minder gecompliceerd te beginnen. We zullen een ontwerp opzetten voor 32 onafhankelijk te schakelen kanalen. In die uitvoering krijgt elk kanaal een eigen nummer, waardoor het programmeerwerk uiterst eenvoudig wordt. Een nadeeltje van de hier gevolgde methode is dat alleen het inschakeltijdstip kan worden geprogrammeerd. Het uitschakelen van een kanaal gaat automatisch na verloop van een min of meer in te stellen tijd.
In een ander hoofdstuk zullen we een qua programmatuur wat ingewikkelder ontwerp bespreken, dat het wél mogelijk maakt het uitschakeltijdstip te programmeren. Met dat ontwerp wordt tevens het aantal kanalen op 64 gebracht. 32 kanalen lijkt al erg ingewikkeld. In de praktijk is dat heel wat minder gecompliceerd dan we op het eerste gezicht zouden kunnen vermoeden. We halen een truc uit die we ook al hebben toegepast bij de twee-kanaals analoge uitgang. De acht pennen op de uitgangsprint worden verdeeld in twee groepjes van vier.



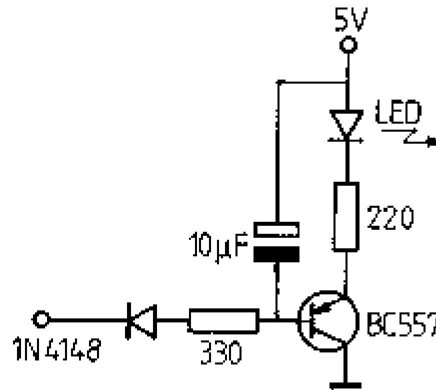
Afb. 9.11. 4 naar 16 lijnen-omzetter

De signalen kunnen dan gedecodeerd worden met behulp van een 4 lijnen naar 16 lijnen omzetter. Zo'n IC vertaalt de binaire ingangscode naar één van de 16 uitgangslijnen.
De aansluitingen G1 en G2 dienen voor deze toepassing aan aarde te worden gelegd.

ABCD	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0000	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1000	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0100	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1100	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0010	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1010	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0110	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1110	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0001	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1001	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0101	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1101	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
0011	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
1011	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
0111	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1111	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

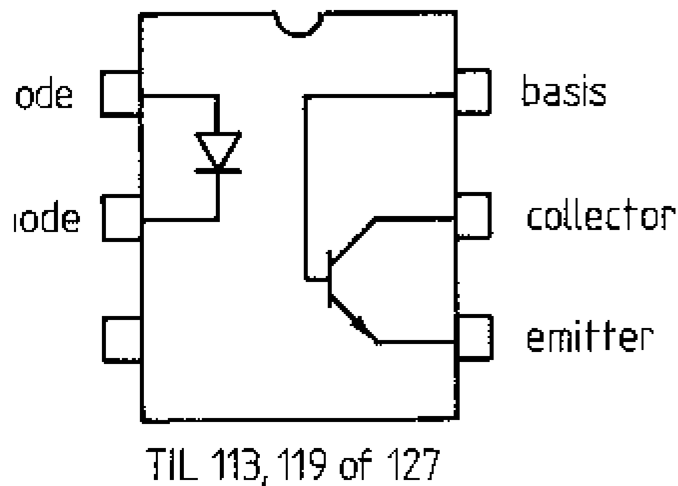
De tabel geeft aan dat er sprake is van negatieve logica. Een actieve uitgang komt overeen met een laag niveau. De tabel laat ook zien dat er altijd slechts één uitgang is bekrachtigd. Dat is nogal onplezierig als we meer dan één functie tegelijkertijd aan willen sturen. Er moet dan ook een soort geheugentje komen dat onthoudt of het desbetreffende kanaal geactiveerd is geweest. Dat zou kunnen met een flip flop die op elke negatieve puls uit het decodeer-IC omklapt. Zo'n type flip flop hoort helaas niet tot de standaard-componenten en er zelf één construeren vraagt nog aardig wat onderdelen. We pakken het dan ook iets anders aan. De negatieve puls die uit het decodeer-IC komt, gaan we verlengen. Als we er voor zorgen dat er steeds weer een nieuw pulsje komt, nog voordat

de verlengtijd is verstreken, zal het desbetreffende kanaal actief blijven. Een bekende pulsverlenger is de 555. Deze is echter niet hertrigger-baar, zodat er onvermijdelijk een blokgolf op de uitgang komt te staan. Een TTL-verlenger van het type 121 is wel steeds weer opnieuw te triggeren. Dit IC kan echter niet voldoende stroom leveren om bijvoorbeeld een LED aan te sturen. Een schakelingetje opgebouwd uit discrete componenten, met een minimum aan onderdelen is in afbeelding 9.12 weergegeven.



Afb. 9.12. Geheugenschakeling

Elke binnenkomende negatieve puls ontlaadt de condensator. Zolang er negatieve pulsen aan de ingang aanwezig zijn, staat de transistor open en brandt de LED. De weerstand in serie met de ingangsdiode zorgt ervoor dat het IC 74LS154 nooit een grotere stroom dan 9 mA te verwerken krijgt.
We zouden de uitgang rechtstreeks van een relais kunnen voorzien. Toch zullen we het hier iets anders doen. We maken een zo universeel mogelijke uit-gangsschakeling, waarbij bovendien de stroomtrekkende componenten volledig worden gescheiden van de computer. Een volledige scheiding is bovendien noodzakelijk als er bijvoorbeeld netspanningen gaan worden geschakeld. We zullen gebruik maken van een opto-coupler. In een eerder hoofdstuk zijn we al een opto-coupler tegengekomen. Dat waren echter componenten die gebruik maken van reflectie. Ze zijn er ook in geheel gesloten uitvoering.

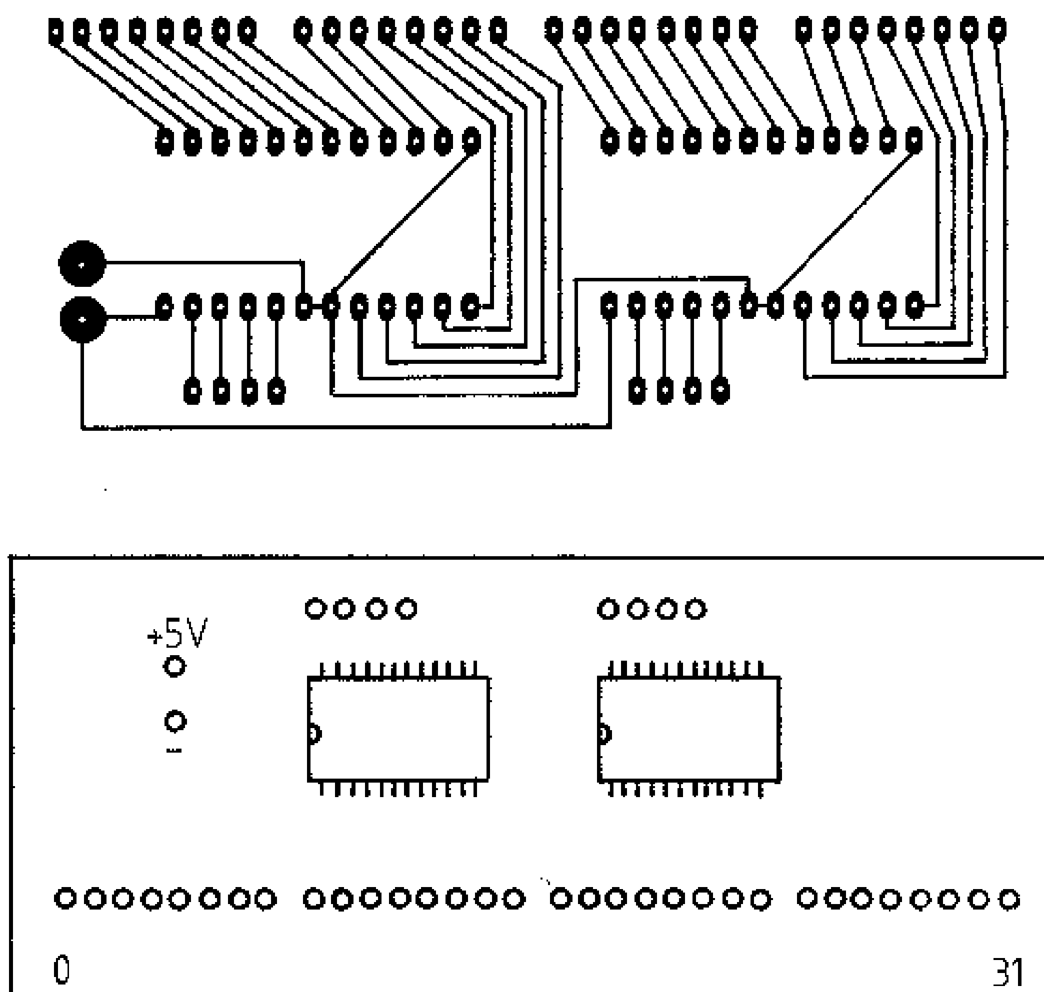


Afb. 9.13. Opto-coupler

Bij het selecteren van een geschikte opto-coupler moeten we op twee zaken letten. Deuitgangstransistorkaneen bepaalde collectorstroom leveren bijeen maximale spanning. Als we één van de grenzen overschrijden, overlijdt de fo-togevoelige transistor.
Voor enkele uitvoeringen wordt in de volgende tabel aangegeven tot hoe ver we mogen gaan.

	Maximum	
	Spanning V	Stroom mA
TIL 111	30	7
TIL 112	20	2
TIL 113	30	100
TIL 116	30	5
TIL 117	30	9
TIL 118	20	2
TIL 119	30	160
TIL 127	30	100

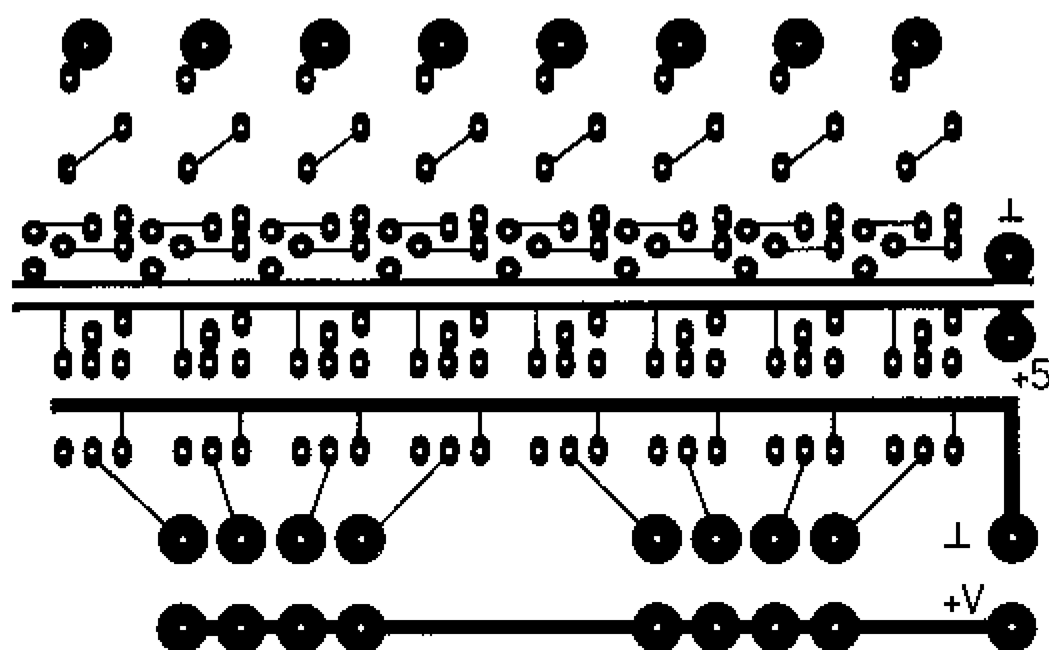
Vooral de stroomlevering is bij de meeste exemplaren nogal aan de krappe kant. Voor het schakelen van een relais is 100 mA toch wel een noodzakelijke waarde. De keuze is dan ook beperkt tot de types 113, 119 en 127. Ze hebben allemaal dezelfde aansluitingen, dat kan dus geen problemen opleveren. Voor de decoder-IC's is een afzonderlijk printje ontworpen.

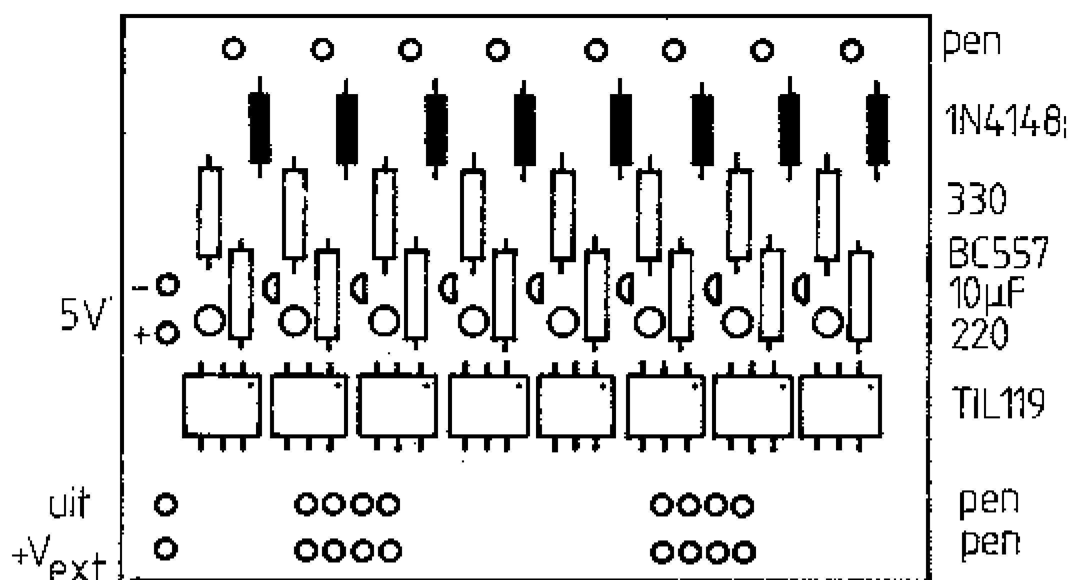


Afb. 9.14. Decodeerprint

De geheugenschakeling is voor acht kanalen uitgewerkt. Voor elke volgende acht kanalen voegen we hetzelfde schema toe. De geheugenprint kan vier van deze printen bedienen, waardoor er 32 kanalen kunnen worden aangestuurd. De uitgang is er één van het open collectortype. Dat wil zeggen dat de belasting tussen de uitgang en de plus van de voedingsspanning wordt aangebracht. Dat kan een relais zijn, maar ook een motortje of een lampje. Zolang er maar niet meer dan 160 mA wordt getrokken bij topassing van een TIL 119. Is er meer stroom nodig dan moet er een buffertrapje tussen de opto-coupler en de stroomverbruiker worden geschakeld.

Door de volledige scheiding tussen de te schakelen last en de computer-elek-tronica, zijn we vrij in het kiezen van de externe voedingsspanning. Let echter wel op de maximale waarde die nog door de opto-coupler wordt vedragen.





Afb. 9.15. 8-kanaals relaisturing

Voor het geheel is een print ontworpen, waarop relais rechtstreeks kunnen worden aangesloten. Als we alle 32 kanalen tot onze beschikking willen hebben, moet de print tweemaal worden gebouwd. Relais, lampjes, motoren of aanvullende stuurtrappen kunnen met twee draadjes aan de schakeluitgang en de externe voedingslijn worden verbonden. Door het printontwerp te wijzigen, kunnen relais of andere zaken uiteraard ook direct op de decodeerprint worden geplaatst, Ieder zal daar zo zijn eigen ideeën over

hebben. De externe voeding is volledig gescheiden, ook de massa! Bij het schrijven van de bijbehorende software moet er rekening mee worden gehouden dat de geheugens steeds worden opgefrist, voordat de verlengtijd (de geheugenduur) is verstreken. Een en ander is dan ook vergelijkbaar met een dynamisch geheugen, waarin de informatie ook regelmatig moet worden opgefrist.

9.6 De software

Het uitproberen van de schakelprint doen we met een programma waarin het opfrissen van het geheugen duidelijk naar voren komt. Sluit tussen deschakel-blokjes een rij LEDs in serie met weerstanden aan. De externe voeding wordt doorverbonden met de 5 V-voeding door de desbetreffende aansluitblokjes met elkaar te verbinden. Let erop dat de massa ook moet worden doorverbonden.

```
10 REM OPFRISSEN
20 FOR I=0 TO 32
30 LPRINT CHR$(I);
40 FOR T=1 TO 200 : NEXT T
50 NEXT I
60 GOTO 20
70 SPRITE$(1)=S$ : SPRITE$(2)=S$
80 FOR 1=16 TO 176 STEP 8
90 PUT SPRITE 0,(80,180-1),10,l
100 PUT SPRITE l,(120,1-16),9,2
110 LPRINT CHR$(I);
120 NEXT I
130 FOR I=176 TO 16 STEP -8
140 LPRINT CHR$(I);
150 PUT SPRITE 0,(80,180-1).10,l
160 PUT SPRITE 1,(120,1-16),9,2
170 NEXT I
180 BEEP
190 GOTO 80
200 DATA 0,0,3,15,30,30,61,51,15,63,31,31
205 DATA 14,2,0,0,0,0,64,112,248,248,252,240
210 DATA 204,188,120,120,240,192,0,0
```

De LEDjes knipperen één voor één, zodat er een looplicht ontstaat. De LEDs gaan niet abrupt aan en gaan na de verlengtijd weer uit. Deze verlengtijd kan worden beïnvloed worden door de waarde van de eico aan te passen. Het uit-schakelmoment ligt dus vast in de schakeling. Voor toepassingen waarbij ook het uitschakelmoment goed te programmeren moet zijn, dient in plaats van de opfrismethode die we hier hebben toegepast een flip-flop toegepast te worden die op elke negatieve puls omklapt. Het kanaal wordt dan uitgeschakeld door het desbetreffende kanaalnummer nogmaals te printen. In een volgend hoofdstuk komt een alternatieve methode aan de orde. De print die op de printerkabel wordt aangesloten, heeft acht uitgangen. Ze worden in twee

groepjes van vier gebruikt. Het gebruik van de eerste groep geeft, afgezien van de merkwaardige 9 bij MSX, geen moeilijkheden. Ze worden omgezet in stuursignalen 0 tot en met 15. Voor de tweede groep echter kunnen we niet zonder meer doornummeren van 16 tot en met 31. De uitgangslijnen vertegenwoordigen elk een getal.

1	2	4	8	16	32	64	128

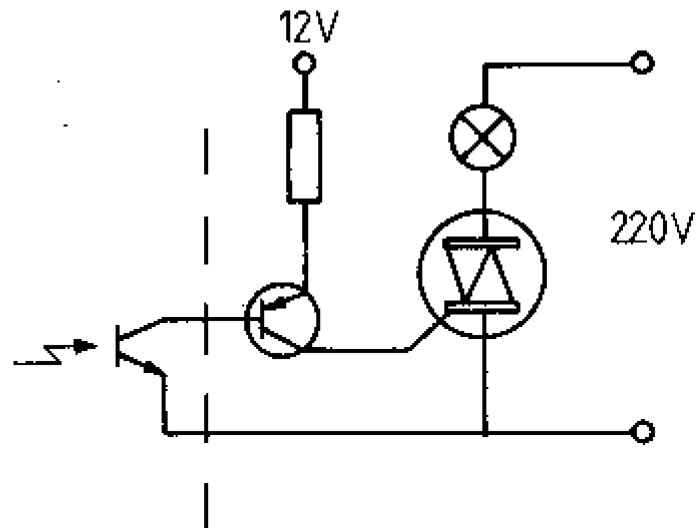
Als we bijvoorbeeld het getal 17 opgeven, wordt van elke groep het eerste kanaal actief. Na het decoderen, zijn de kanalen 1 en 16 dus actief. Om kanaal 17 te activeren, moet eigenlijk het tweede kanaal uit de tweede groep actief zijn. Dit kanaal wordt gerepresenteerd door het getal 32. Om kanaal 2 van groep 2 tot actie te brengen, dient dus het getal 2x16 te worden ingegeven. Deze regel geldt voor alle kanaalnummers uit de tweede groep.

Groep 1	Groep2
0	-
1	1x16
2	2x16
3	3x16
4	4x16
5	5x16
6	6x16
7	7x16
8	8x16
enz.	

We zien hier duidelijk de wat eigenaardige rol van kanaal 0. 0x16 is nog steeds nul en heeft voor de tweede groep geen betekenis.

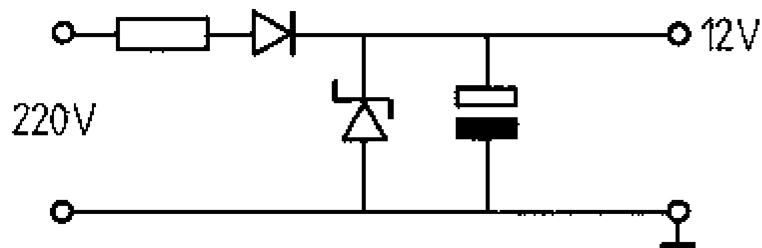
9.7 Een lichtnetschakelaar

PAS OP! Hoewel de hier te beschrijven schakeling volledig van de computer gescheiden is, kan er toch een levensgevaarlijke situatie ontstaan. De schakeling zelf is wel verbonden met het lichtnet. Haal geen gevaarlijke grappen uit en zorg altijd voor de nodige isolatie en afscherming. Natuurlijk kunnen we voor het schakelen van de netspanning een relais gebruiken. Dit boek zou echter geen elektronicaboek zijn als we hiervoor niet een triac zouden gebruiken. We schakelen 'solid-state', zonder bewegende delen. Een netschakelaar met een triac ziet er heel eenvoudig uit (afb. 9.16).



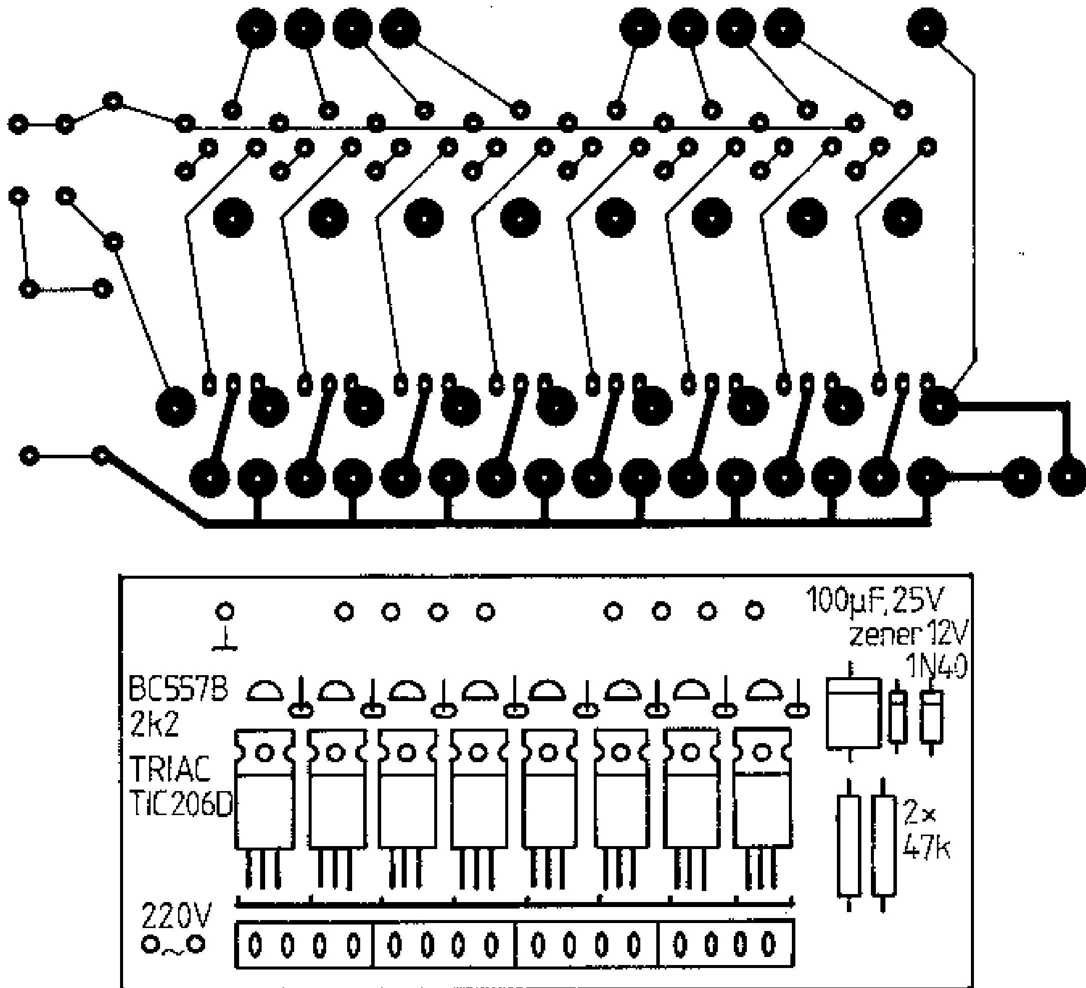
Afb. 9.16. Schakeltrap

De lichtgevoelige transistor zit al in de opto-coupler op de 8-kanaals stuur-print. Met drie onderdeeltjes per kanaal is de zaak geklaard. Althans, bijna. Er moet ook nog een voedinkje komen. We gebruiken triacs met een stuurstroom van slechts 5 mA. De voeding kan dan ook bescheiden zijn. We leiden de voedingsspanning af van de netspanning (afb. 9.17).



Afb. 9.17. Laagspanningsvoeding

Omdat de relaisstuurprint 8 kanalen heeft, ontwerpen we de netschakelprint ook voor acht kanalen (afb 9.18).



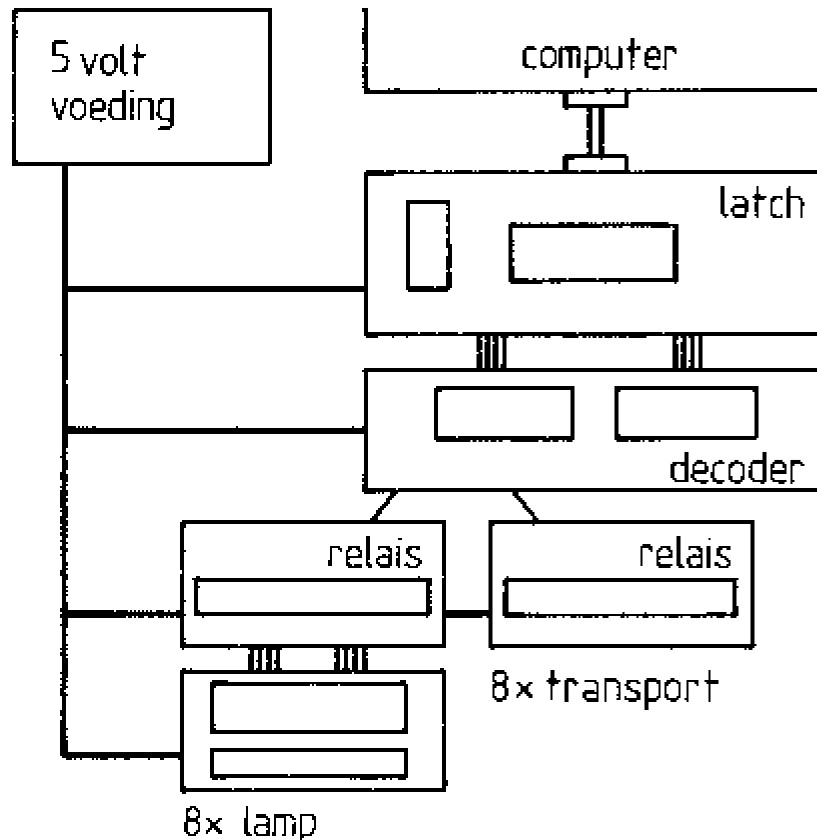
Afb. 9.18. Netschakelprint

Let er bij het monteren van de triacs goed op dat de metalen koelvinnen elkaar niet raken. Ze zijn namelijk verbonden met de middenaansluiting. Om en om
worden ze iets verhoogd gemonteerd door er een busje onder te leggen. Zet ze vast met een M3-boutje, zodat ze niet kunnen verbuigen en alsnog kortsluiting veroorzaken.
Op de print is een draadbrug aanwezig die enige extra aandacht verdient. Om voldoende isolatie afstand te bewerkstelligen, wordt één van de netaansluitin-gen aan de componentenzijde aangebracht. Hiertoe worden in de gaatjes op de print soldeerpennen aangebracht, bij voorkeur voordat de aansluitblokjes worden gemonteerd. Deze pennen worden verbonden met een stukje dik ko-perdraad met een lengte van 8 cm.
De ingangen kunnen ook van printpennen worden voorzien. Eventueel kunnen ook stekerbusjes worden aangebracht zodat de print rechtstreeks op de relaisstuurprint kan worden gestoken.
Het is absoluut noodzakelijk dat de netschakelprint in een geïsoleerde behuizing wordt gemonteerd. Dat vormt tevens een mooie gelegenheid om ook de andere printen in hetzelfde kastje onder te brengen. Als de aansluitblokjes twee aan twee met één contactdoos worden verbonden dan kan het geheel redelijk compact worden uitgevoerd. Kasten vinden we te kust en te keu r bij de elektronicahandelaar. Als de volledige

bezetting van vier stuur- en schakel-printen wordt gebruikt dan zal er zelf een behuizing moeten worden gebouwd. Door het modulaire karakter van het geheel kan de installatie naar wens worden opgebouwd.

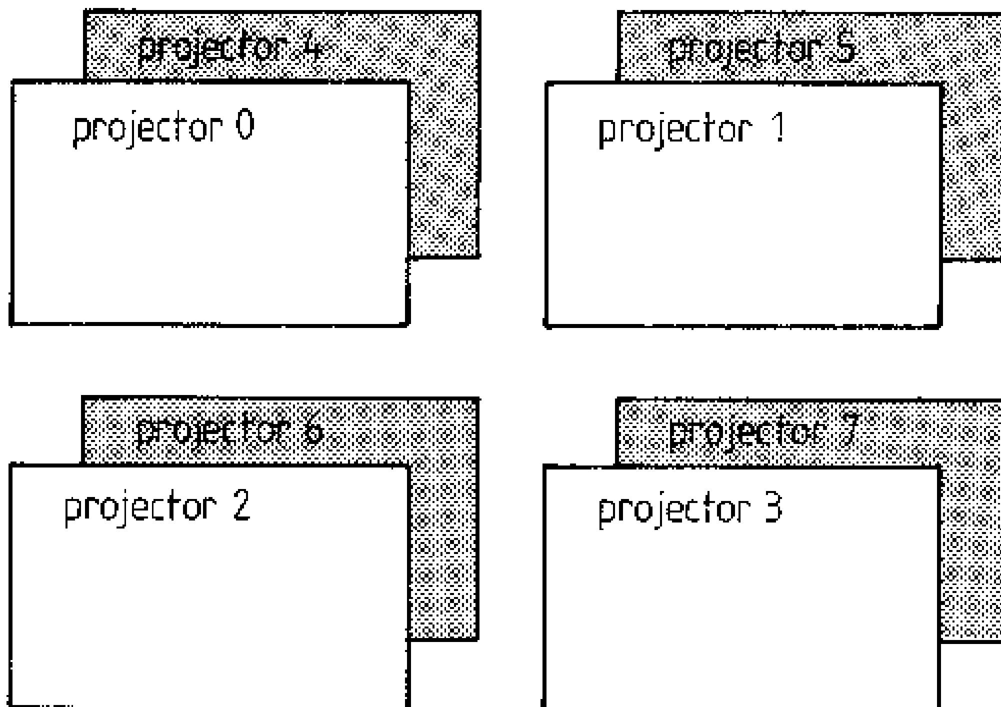
9.8 Toepassingen

Als eerste kunnen we denken aan een computergestuurde diashow voor acht of zestien projectoren. Iets om de dia-club mee van tafel te vegen. Voor acht projectoren zijn twee relaisstuurprinten en een netschakelprint nodig.



Afb. 9.19. Diashow

De netschakelaars worden in serie met de projectorlamp opgenomen. Hiervoor is een ingreep nodig in de projector. De ventilator en eventueel aanwezige elektronica blijven dus wel voortdurend onder spanning te staan. De overblijvende relaisstuurprint wordt verbonden met de wisselcontacten. Dat kan direct als het wisselcontact gelijkspanning voert. De transistor in de opto-cou-pler schakelt deze spanning dan door. Er kunnen ook acht relais op de stuur-print worden aangesloten. Dat werkt onder alle omstandigheden. Het trans-portsignaal mag niet te lang duren omdat er dan een tweede diawisseling optreedt. Het is in de meeste gevallen dan ook noodzakelijk condensatoren met een kleinere waarde te gebruiken. Afbeelding 9.19 geeft een overzicht van de benodigde printen.



Afb. 9.20. Diashow: uitvoering

Als voorbeeld van een mini diashow kan het volgende programma dienen. Het laat acht projectoren vier schermvelden bestrijken. Per veld zijn er dus twee projectoren beschikbaar. Dat maakt een spectaculaire show mogelijk.

```
10 REM DIASHOW VOOR ACHT PROJECTOREN
20 REM PROJECTOR 0 AAN
30 FOR T=1 TO 500
40 LPRINT CHR$(0);
50 NEXT T
60 REM PROJECTOR 0+1 AAN
70 FOR T=1 TO 400
80 LPRINT CHR$(0);CHR$(1);
90 NEXT T
100 REM PROJECTOR 0+1+2 AAN
110 FOR T=1 TO 300
120 LPRINT CHR$(0);CHR$(1);CHR$(2);
130 NEXT T
140 REM PROJECTOR 0+1+2+3 AAN
150 FOR T=1 TO 200
160   LPRINT CHR$(0);CHR$(1);CHR$(2);CHR$(3);
170 NEXT T
180 REM PROJECTOR 4+5+6+7 AAN
190 REM PROJECTOR 0+1+2+3 DOVEN
```

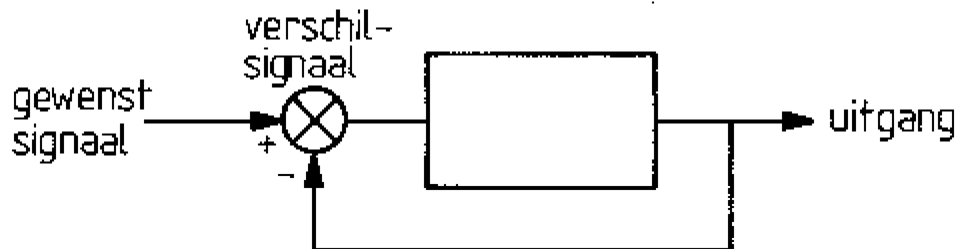
```
200 FOR T=l TO 500
210   FOR L=4 TO 7
220     LPRINT CHR$(L);
230   NEXT L
240 NEXT T
250 REM PROJECTOR 0+1+2+3 WISSEL DIA
260 FOR W=0 TO 3
270   LPRINT CHR$(W+8)
280 NEXT W
290 REM PROJECTOR 4+5+6+7 AAN
300 FOR T=1 TO 500
310   FOR I=4 TO 7
320     LPRINT CHR$(I);
330   NEXT I
340 NEXT T
```

In het programma worden voor de diverse functies herkenbare variabelen gebruikt. De projectorlampen worden aangeduid met L. De waarde van L loopt van 0 t/m 7. Er zijn dus acht projectoren. De wisselcontacten van deze projectoren worden W genoemd. Door W te kiezen van 0 tot 7 kan de dia in elke projector afzonderlijk gewisseld worden. Let er echter op dat de waarde van W in de LPRINT CHR$( ) opdracht met 8 wordt vermeerderd. We kunnen dan de L- en W-nummers gelijk houden, hetgeen de duidelijkheid en het programmeergemak ten goede komt.
De T staat voor 'tijd' en wordt als tijdsbepalende grootheid gebruikt. Denk bij het samenstellen van programma's altijd aan het feit dat als we een projector brandend willen houden, er steeds opnieuw een commando naar de desbetreffende projector moet worden gestuurd. Doen we dat niet dan gaat de projector onherroepelijk uit. Door het karakter van de vertragingsschakeling, gaan de lampen geleidelijk uit. Vooreen snellere overgang kan ook een zwarte dia in de lichtbundel gezet worden terwijl tijdens het transporteren de lamp nog brandt.

Een diashow kan ook voor twee projectoren geschreven worden. Zelfs voor één. Maar de inzet van 32 projectoren is ook mogelijk. Als de projectoren worden vervangen door spotlights kan het discofeest beginnen. Ook de toneelvereniging kan plezier hebben van een geprogrammeerde belichting. In een toneelprogramma kan het monitorscherm tegelijkertijd als spiekbriefje worden gebruikt worden. De souffleur en de belichtingstechni-cus kunnen dus naar huis.

10 Computerservo voor robotsystemen

In combinatie met computers worden vaak stappenmotoren gebruikt. Bij elke puls verdraait de as over een vaste hoek. Stappenmotoren zijn zeer nauwkeurig en worden daarom meestal zonder terugkoppeling gebruikt. Als een stappenmotor echter overbelast wordt, kan hij al snel niet alle pulsen verwerken. In industriële robots worden dan ook bij voorkeur servosystemen toege-past. Bij een servo wordt de bereikte stand van de motor vergeleken met de gewenste stand. Als er verschil tussen deze standen bestaat, zorgt een regelsignaal voor correctie (afb. 10.1).



Afb. 10.1. Regelkring

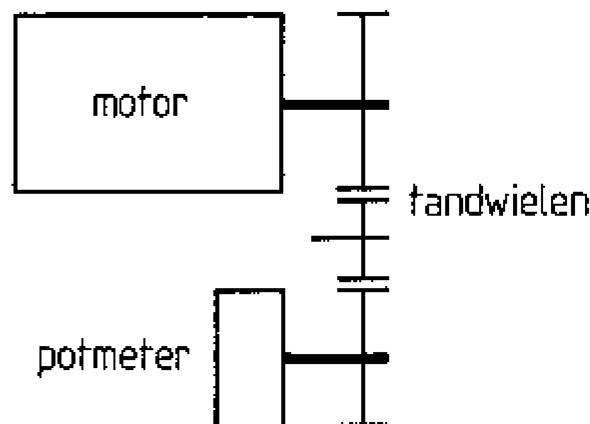
Servomotoren zijn welbekend bij modelbouwers. Een klein gelijkstroommotortje is voorzien van een potentiometer die de beweging van de motor volgt.
In veel gevallen is er nog de nodige elektronica ingebouwd om het geheel geschikt te maken voor pulsbreedte modulatie, een gangbaar besturingssysteem in de modelbouw.

In dit hoofdstuk zullen we een servomotortje gebruiken als uitgangspunt voor een minirobot. Gebruik bij voorkeur een goedkoop exemplaar zonder elektronica. Mocht er toch een printje inzitten, sloop dat er dan rigoreus uit. Als het een modern motortje is met een printje aan boord, kijk dan eens goed aan de soldeerzijde van die print. Er bestaat een grote kans dat we hier een zeer moderne montagetechniek aantreffen, SMD, miniscule onderdelen zonder aansluitdraden rechtstreeks op de koperbanen gesoldeerd.

10.1 Potentiometeruitlezing

We houden een kaal motortje en een via tandwielen aan de motoras gekoppelde potentiometer over. De potentiometer heeft een weerstand van 5 k
Zoals in de eerste hoofdstukken van dit boek duidelijk is geworden, kan de stand van een potentiometer door de computer worden uitgelezen door middel van de PDL-opdracht. De hiervoor benodigde elektronica is uitgebreid aan de orde geweest. We hebben er zelfs al een printje voor ontwikkeld. We gaan uit van het printje zoals dat voor de tekenplank is gebruikt. Het deel waar de potentiometer aan gemonteerd was, zagen we eraf. De weerstand van 1 k naast het IC wordt vervangen door een draadbrug. De condensator krijgt de waarde 560 nF.

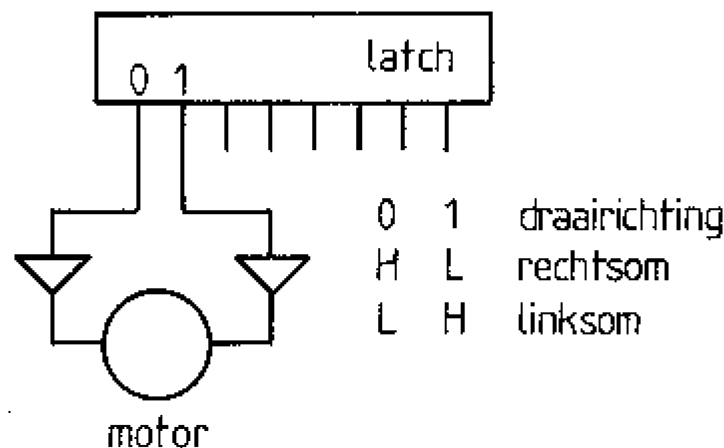
De gebruikelijke verbinding met de 9-polige D-plug sluit de potentiometer aan op de joystick-ingang. Ook de 5 V-voedingsaansluiting verbinden we met de D-plug. Voer een programma uit dat de PDL-informatie zichtbaar maakt en verdraai de potentiometer.
Als het getal op het scherm niet in de buurt van de 200 komt, verhoog dan de condensatorwaarde door aan de printzijde een kleine condensator parallel aan de tijdsbepalende condensator te solderen.



Afb. 10.2. Servomotor voor modelbouw

10.2 Motorsturing

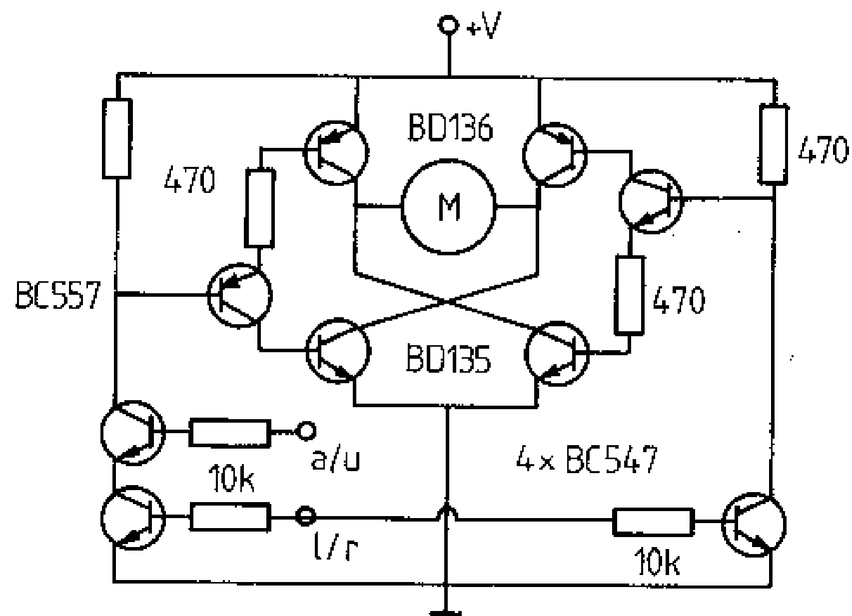
Dan is nu de motorsturing aan de beurt. We gebruiken hiervoor de latch-print die via de printerkabel aan de computer wordt verbonden. Dit stukje elektronica vormt een belangrijke schakel tussen de computer en de buitenwereld. We zouden het servomotortje bijvoorbeeld tussen twee uitgangen kunnen hangen, via een buffertrapje natuurlijk (afb 10.3).

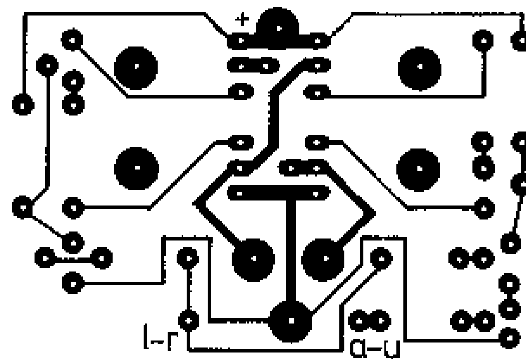


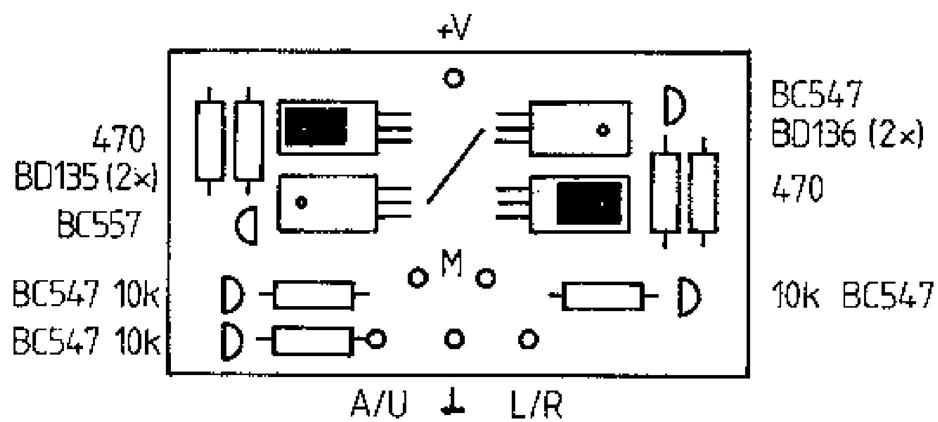
Afb. 10.3. Motorsturing

Door ervoor te zorgen dat één van de ingangen hoog en de andere laag is, draait het motortje links of rechtsom, al naar gelang de polariteit. Helaas kan

het gebruikte TTL-IC niet de gewenste stroom leveren. We nemen de motor daarom op in een brugschakeling, zie afbeelding 10.4.







Afb. 10.4. Motorregeling

Behalve de brugschakeling zien we nog vijf transistoren. Twee ervan zorgen voor de basisstroom van de brugtransistoren. De overige drie nemen de sturing voor hun rekening. De schakeling heeft twee ingangen. Eén ervan bepaalt de draairichting, de andere kan één van de draairichtingen uitschakelen. Hierdoor is het mogelijk de motor te stoppen. De werking komt het best tot uiting in een diagram:

ingang motor

	<-	S	->	<-
L/R	0	1	1	0
A/U	0	0	1	1

De S staat voor Stop. Met twee kanalen van de latchprint kan de motor in elke gewenste toestand worden gebracht.

De spanning waarmee de schakeling wordt gevoed, hangt af van de te gebruiken motoren. Voor servomotoren uit de modelbouw volstaat de 5 V-voeding die we voor de andere schakelingen in dit boek hebben gebruikt.
Voor we naar het programma kijken, is het zaak even te onderzoeken wat we precies moeten doen om de motor op de gewenste wijze in beweging te brengen. Sluit de AAN/UIT ingang aan op kanaal 1 van de latch-print en de LINKS/RECHTS ingang op kanaal 0. Let erop dat de eerste pen (als de plug van u is afgekeerd) de massa-aansluiting is. Kanaal 0 is dus de tweede pen.

Uitgang Richting Decimale waarde

0 1 0 0 <- CHR$(0);

1 0 STOP CHR$(1);

1 1 -> CHR$(3);

Sluit een externe 5 V-voeding aan op de motor- en de latch-print en typ:

```
LPRINT CHR$(0);
LPRINT CHR$(1);
```

Vergeet de puntkomma's niet. De motor gaat na de eerste opdracht lopen en stopt netjes na de tweede opdracht. Sluit nu de LINKS/RECHTS ingang aan op kanaal 1 (de derde pen) en start het motortest programma.

```
10 REM MOTORTEST
20 LPRINT CHR$(1);
30 FOR T=1 TO 200 : NEXT T
40 BEEP
50 LPRINT CHR$(0);
60 FOR T=1 TO 200 : NEXT T
```

```
70 LPRINT CHR$(3);
80 FOR T=1 TO 200 : NEXT T
90 GOTO 20
```

Na het biepje fietst de motor braaf heen en weer. Dan zijn we nu klaar voor de volgende stap. De potentiometerprint wordt ook op de voeding aangesloten en de joystick-plug wordt in de computer gestoken. Een testprogramma voor de servo laat zien hoe soepel het motortje naar een willekeurige stand te dirigeren is. Als er iets vreemds gebeurt dan is de draairichting van de motor niet afgestemd op die van de potentiometer. Draai in dat geval de motoraansluitdraden om.

```
10 REM SERVOTEST
20 CLS : INPUT"GEEF DE STAND OP";I
30 P=PDL(1)
40 IF P>1 THEN LPRINT CHR$(0); ELSE LPRINT CHR$(3);
50 IF P>I-5 AND P<I+5 THEN LPRINT CHR$(1); : GOTO 20
60 GOTO 30
```

Het programma vraagt een getal. Dit getal moet tussen O en 255 liggen. In de praktijk worden noch de onder- noch de bovengrens gehaald. Met een PDL-programma uit de eerste hoofdstukken kan voor de uiterste standen van de potentiometer het bijbehorende getal worden bepaald. De motor loopt naar de overeenkomstige stand. Om te voorkomen dat de motor rusteloos om de opgegeven positie gaat oscilleren, is er in regel 50 'dood gebied' opgenomen.
Met de grootte van dit gebied kan wat worden geexperimenteerd. Hoe kleiner hoe mooier omdat dan de positioneernauwkeurigheid het hoogst is.
Als een programma niet netjes via een LPRINT CHR$(1);-opdracht wordt verlaten, blijft het motortje lopen.

De latch-print heeft acht kanalen. Voor elk motortje hebben we twee kanalen nodig. Er kunnen dus vier motoren tegelijkertijd worden bestuurd. De programmering hiervoor lijkt moeilijker dan hij is. We bedenken dat de uitgangen binair zijn. De waarde van een kanaal komt overeen met het nummer, verheven tot de macht 2.

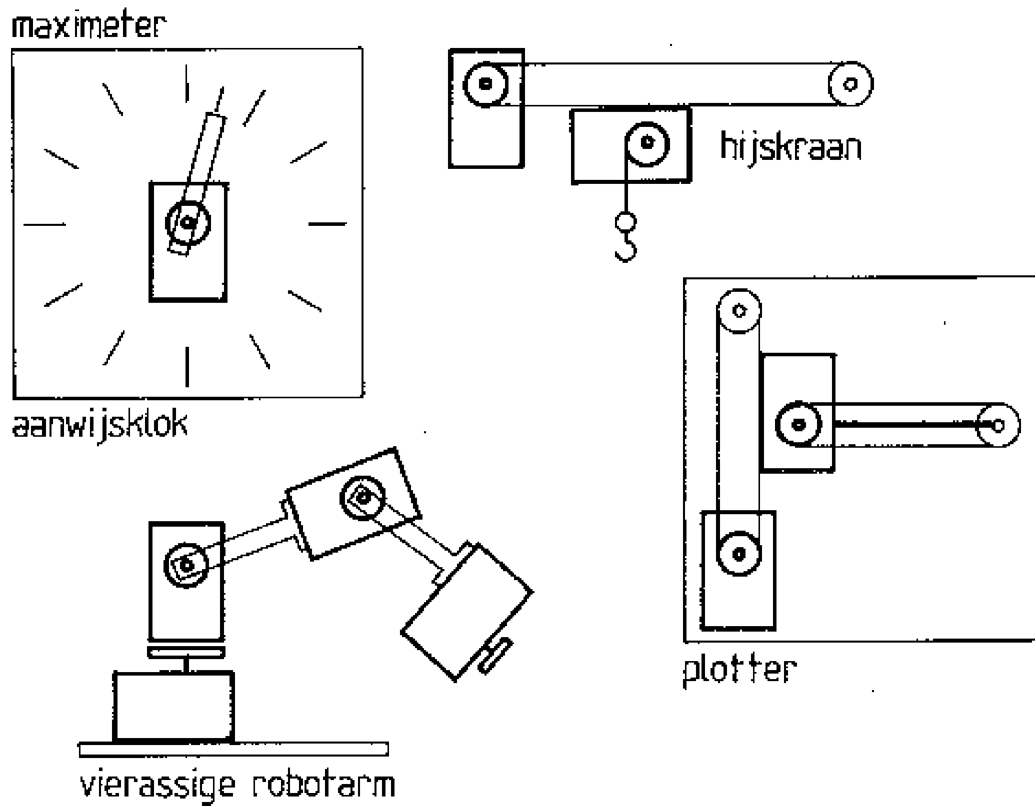
Kanaal nummer	0	1	2	3	4	5	6	7
Decimaal	1	2	4	8	16	32	64	128
Motor	1		2		3		4	

Voor het laten draaien van motor 3 kan uit de tabel het volgende worden af-
geleid:

```
LPRINT CHR$(0);    <-
LPRINT CHR$(16);   STOP
LPRINT CHR$(48);   ->
```

De waarden voor andere motoren worden er gewoon bijgeteld. Met vier motoren hebben

we de mogelijkheid een robot te bouwen die vier graden van bewegingsvrijheid heeft. Uiteraard volledig onder software-controle. Hijskranen, robotarmen en bewegende kunstvoorwerpen liggen nu binnen het bereik. De vele mogelijkheden kunnen we het best aan de hand van enkele figuren illustreren (afb 10..5).

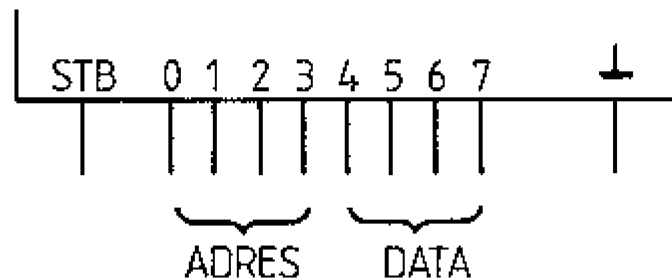


Afb. 10.5. Besturingsvoorbeelden

11 Een superproject

11.1 Vierenzestig kanalen op de printerkabel

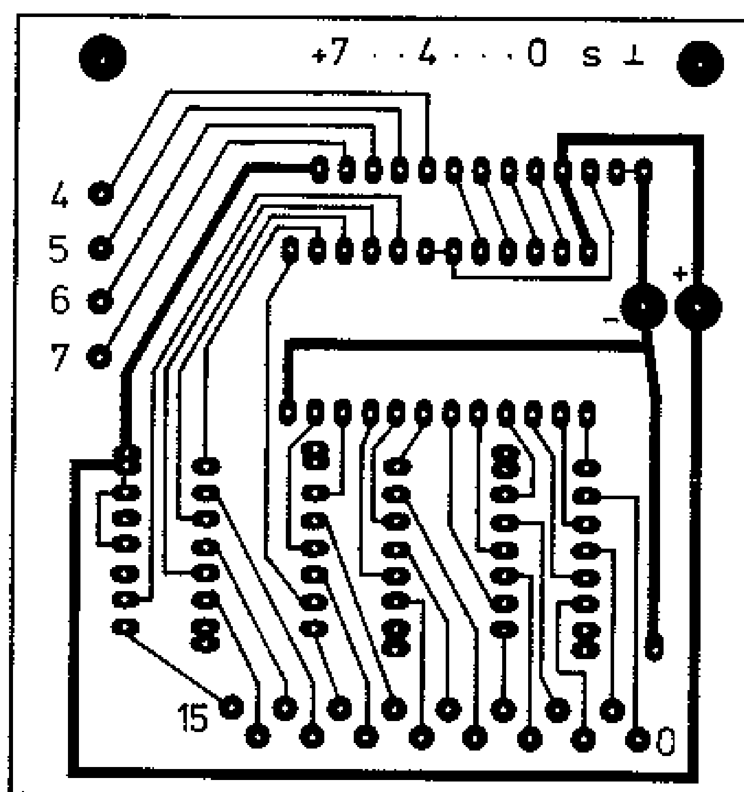
We komen, zoals beloofd, nog even terug op een andere manier om een groot aantal kanalen te realiseren. In het hoofdstuk waarin de 32-kanaals schakel-elektronica is beschreven, gingen we uit van een rechtlijnige manier van decoderen. In dit hoofdstuk zullen we zien dat we door handig gebruik te maken van een adresseermogelijkheid het aantal kanalen bijna kunnen verdubbelen, zonder daar een enorme hoeveelheid onderdelen voor nodig te hebben. We kijken nog even naar de latch-print. De acht uitgangen werden verdeeld in twee groepjes van vier, die afzonderlijk werden gedecodeerd. De schakeling die we nu zullen ontwikkelen, wordt rechtstreeks op de printerkabel aangesloten. De data-kanalen worden op een nogal afwijkende manier gebruikt.

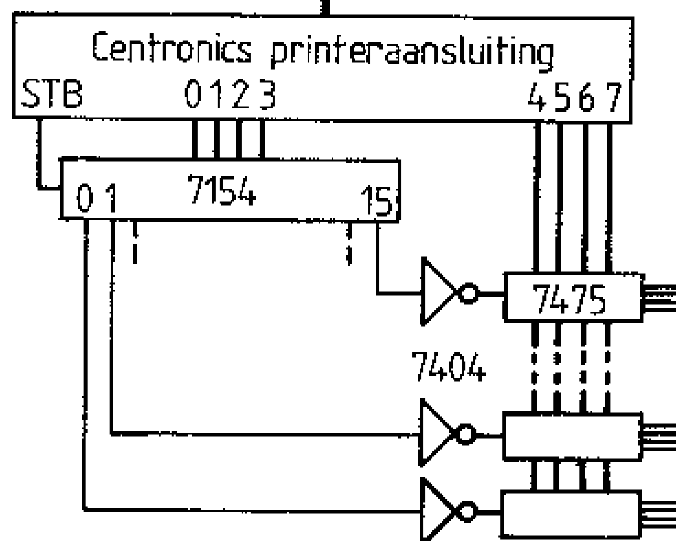


Afb. 11.1. Splitsing

De eerste vier kanalen hebben een adresfunctie. Met vier bits kunnen zestien adressen worden gedefinieerd. De vier adreslijnen worden met een vier-naar-zestien-decoder uitgesplitst. Door de beide G-ingangen met de strobe-puls te verbinden, zijn alle uitgangen in rust hoog. Daardoor zijn ook alle uitgangen van de 74LS154 hoog. Alleen op het ogenblik dat er een strobe-puls verschijnt, wordt de data op de eerste vier lijnen vertaald naar één van de uitgangen. Op de desbetreffende uitgang verschijnt dan ook een korte negatieve puls. Deze puls wordt gebruikt om een latch-IC de informatie over te laten nemen die op dat ogenblik aan zijn ingangen staat. Als we het gebruikte latch-IC (SN74LS75N) nader bestuderen dan zien we dat er een positief signaal op de latch-ingang nodig is om de informatie op de ingangen naar de uitgangen te verplaatsen. De zestien lijntjes die uit de decoder komen, moeten dus worden geïnverteerd. Drie IC's van het type 74LS04 nemen deze taak voor hun rekening. Er zijn maximaal zestien latch-IC's aan te sluiten. Alle ingangen hiervan zijn parallel aangesloten op het tweede viertal datalijnen dat de werkelijke informatie bevat.

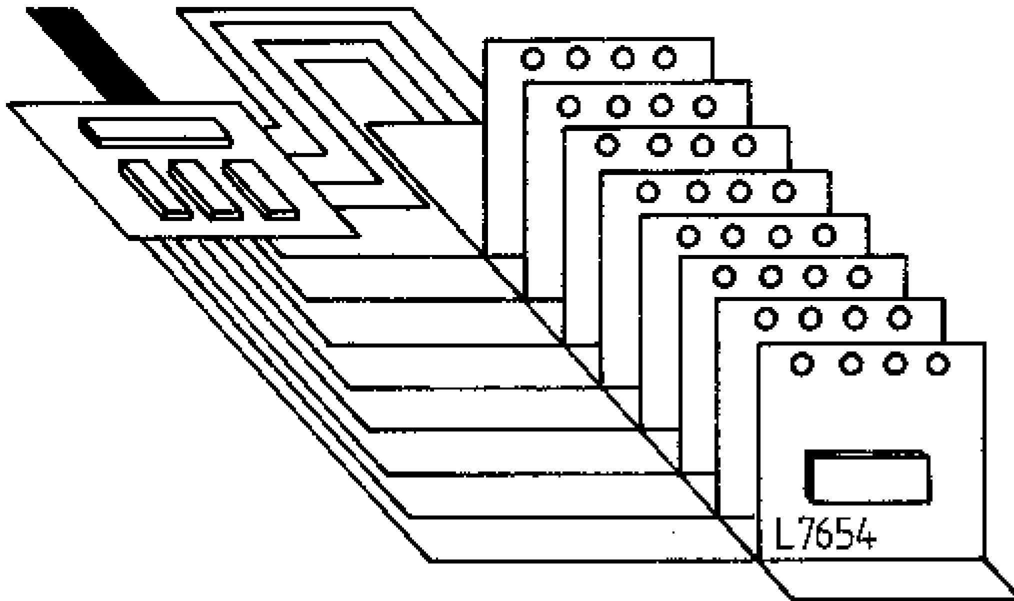
Om niet verplicht te zijn alle 64 kanalen tegelijkertijd in bedrijf te stellen, is het ontwerp modulair uitgevoerd. De basisprint bevat het decodeer-IC en de inverters, terwijl de latches op een opsteekprintje worden gemonteerd. Per opsteekprintje zijn dus vier kanalen beschikbaar. We bouwen het aantal printjes dat aan onze schakelbehoefte voldoet.


+7 · · 4 · · · 0 s ⊥
4
5
6
7
+
−
15
0


COMPUTER parallel printeruitgang
kabel
Centronics printeraansluiting
STB
0123
4567
0 1
7154
15
7475
7404

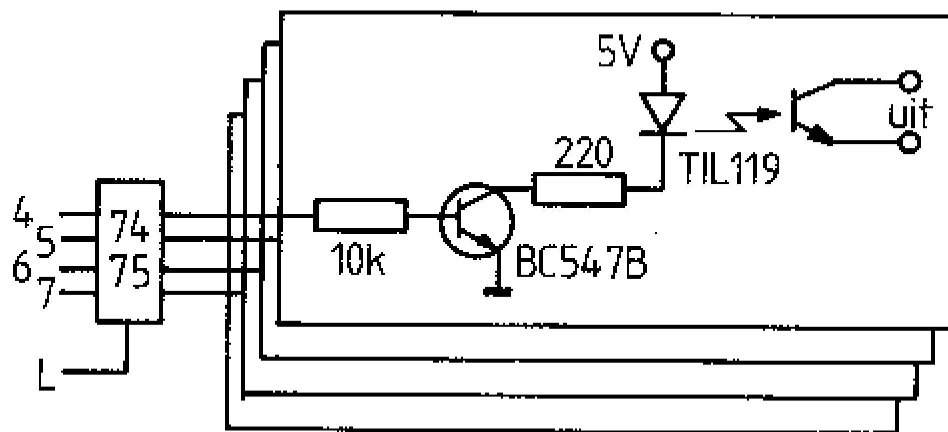
Afb. 11.2.

In een eerder hoofdstuk is de noodzaak benadrukt van een goede scheiding tussen de computer en de buitenwereld. De plaats waar deze galvanische ontkoppeling wordt aangebracht, kan nogal wat consequenties hebben. We staan er dan ook even bij stil.



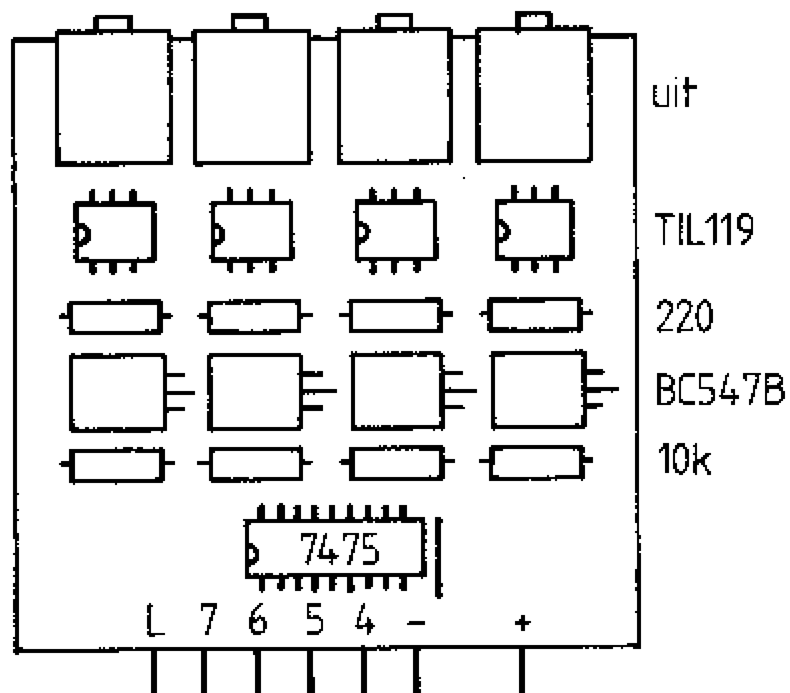
Afb. 11.3. De modulaire opzet

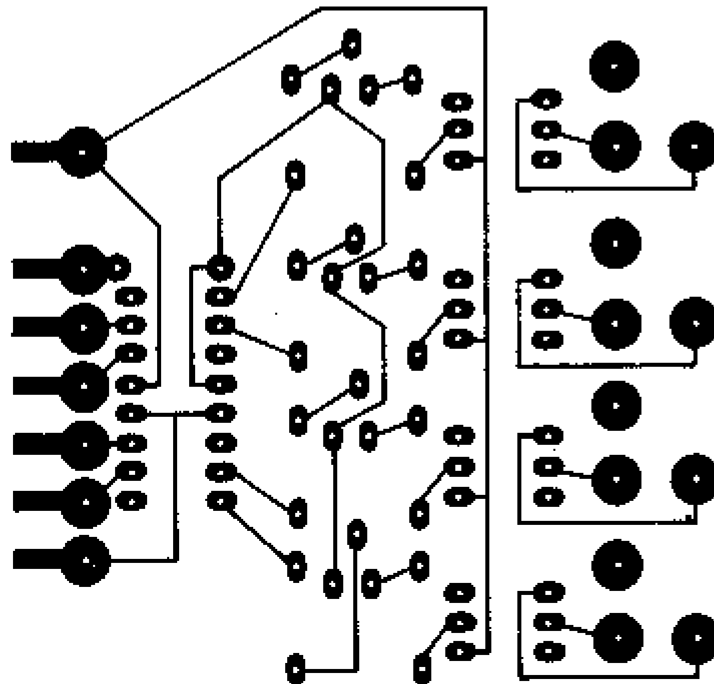
Verreweg het goedkoopst is de scheiding aan te brengen direct achter de printerkabel. Met acht opto-couplers voor de datalijnen en één voor de strobe-puls zijn we dan klaar. De gehele achterliggende schakeling wordt dan uit een aparte voeding van stroom voorzien. Toch is hier niet voor de goedkoopste oplossing gekozen. Immers, als we netspanning willen schakelen, bestaat de kans dat we tijdens onze ingespannen bezigheden onaangenaam getroffen worden door een lawine elektronen die zich van ons lichaam meester maakt. We brengen daarom de scheiding zo dicht mogelijk bij de uitgang van de opsteekprintjes aan. De elektronica voert dan alleen maar een ongevaarlijke laagspanning. De prijs die we hiervoor betalen bestaat uit één opto-coupler per kanaal (zie afb. 11.4).



Afb. 11.4. Viervoudige uitgang

Het opsteekprintje ziet er nu uit als in afbeelding 11.5.





Afb. 11.5. Opsteekprint

Het gewenste aantal opsteekprintjes wordt door middel van printpennen en busjes op een basisprint gemonteerd. Deze basisprint bestaat uit een strook gaatjesprint waarvan de gaatjes in lengterichting met een koperbaan aan elkaar zijn verbonden. De koperbaan ter plaatse van de latch-aansluiting wordt

verwijderd. Alle andere aansluitingen worden door de koperbanen parallel verbonden.
De opsteekprintjes zien dus allemaal dezelfde informatie aan de ingangen. De actieve wordt geactiveerd door het latch-signaal.
De aansluiting voor de voedingsspanning is op een iets grotere afstand geplaatst. Hierdoor is het moeilijk de print in de verkeerde stand op de basispunt te prikken. Voor de uitgangen is hier gekozen voor een oortelefoon-ingangs-plugvoorprintmontage. Op deze wijze zijn alle kanalen van bovenaf toegankelijk; Met een steker en een kabeltje kan het te schakelen element worden aangesloten. Om de uitgang zo universeel mogelijk te houden, zijn de emitters van de lichtgevoelige transistoren niet met de massa verbonden. Voor het gebruik van de reeds beschreven netschakelprint worden alle emitters met de massa-aansluiting op de netschakelprint verbonden. Let erop dat de verbinding tussen de opto-couplers en de netschakelprint gevaarlijke spanningen kan voeren. Gebruik kunststoffen plugjes en zorg ervoor dat de isolatie van de te gebruiken kabeltjes degelijk is.
Het gebruik van 64 kanalen in combinatie met acht netschakelprinten verdient enig overleg. Stel dat er op elk kanaal een persglaslamp van 100 W wordt aangesloten. Samen is dat bijna 6,4 kW. Dat betekent een stroomopname van 29 A. Omdat een zekering voor huis-en-tuin-gebruik in de meeste gevallen
boven de 16 A de geest geeft, moet de stroom uit twee afzonderlijke groepen worden betrokken. Bij het werken met grotere aantallen kanalen is het dus altijd zaak even na te gaan hoeveel stroom er getrokken gaat worden. Dat geldt voor lampen, maar ook voor motortjes, LEDjes en relais.
Wat dacht u trouwens van een robot met 32 motoren. Dat kan nu zonder problemen. Per twee kanalen kan een motortje links- en rechtsom worden gestuurd. Let ook hier weer op het feit dat de opto-emitter nog niet aan massa ligt. De modelspoorliefhebbers zullen met 64 kanalen wel raad weten. Een miniatuurkermis, compleet met verlichting en bewegend kermisvermaak, hoort ook tot de mogelijkheden. Toch missen we nog iets. Hardware kan pas tot leven komen als de software ervoor ontwikkeld is.

11.2 De software

Nu de eerste vier data-kanalen worden gebruikt om een latch-IC aan te wijzen dat de gegevens over moet nemen, valt het te printen getal uiteen in twee delen.

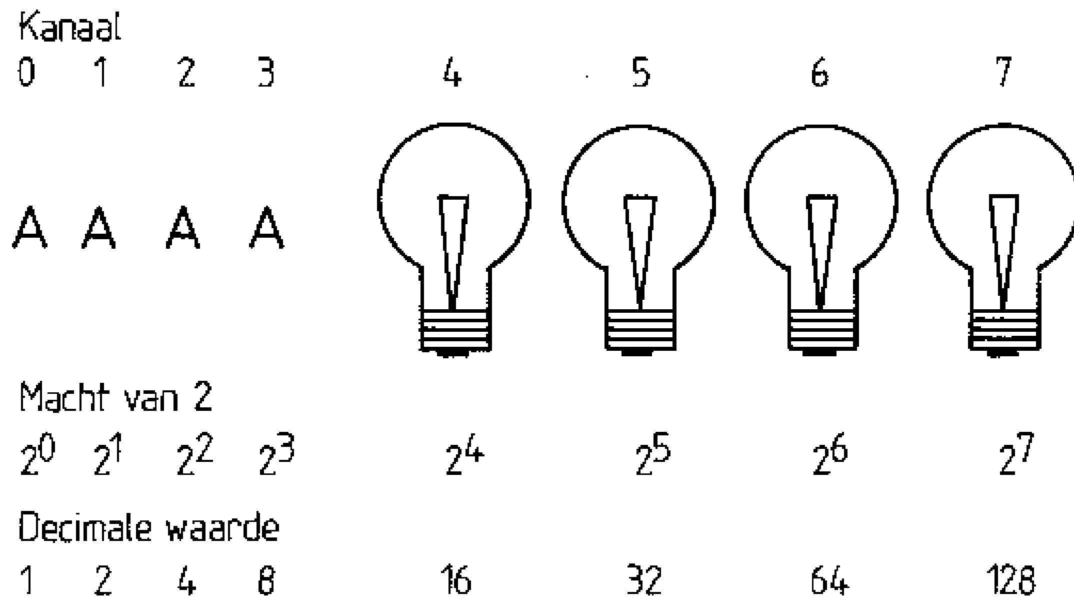
LPRINT CHR$ (kanaal nummer + getal);

Het kanaalnummer is het eenvoudigst. We vullen gewoon een nummer in van het latch-IC waarvan de uitgangskanalen moeten worden veranderd.

LPRINT CHR$ (4 + getal)

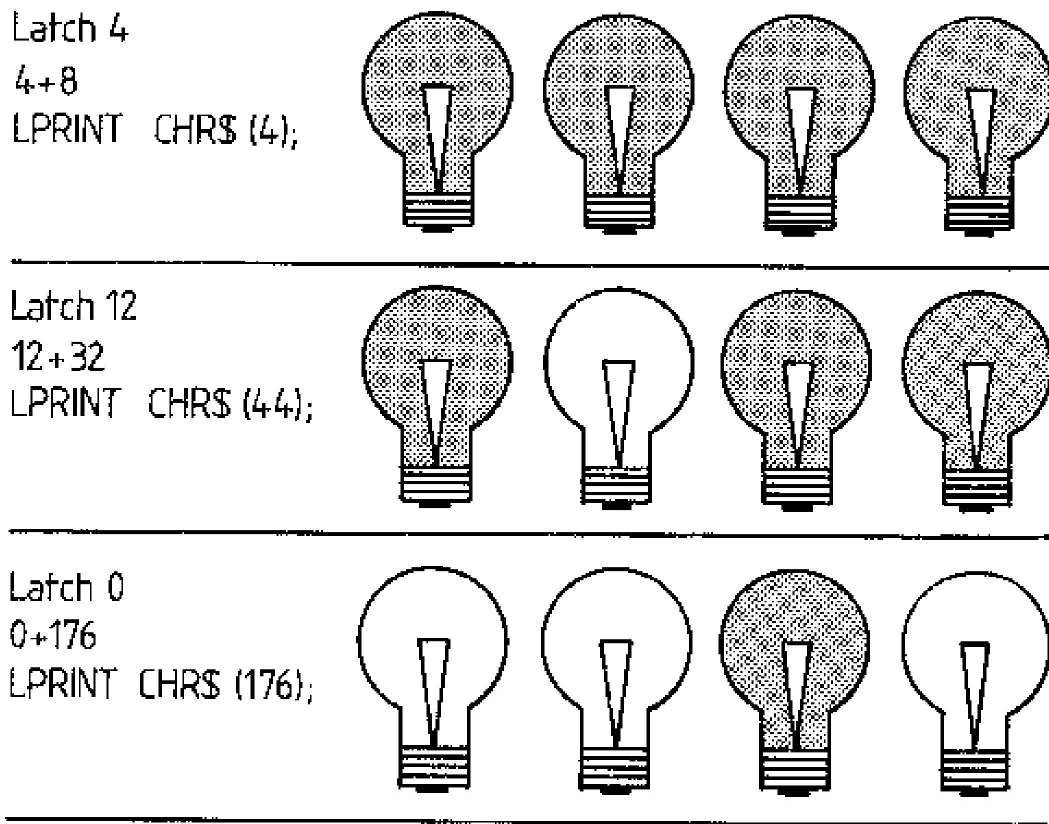
Deze opdracht zorgt ervoor dat de vijfde print (we beginnen immers te tellen bij nul) het getal op de data-lijnen overneemt. Dat getal op de data-lijnen zit iets ingewikkelder in elkaar. We zullen eraan moeten rekenen in het binaire stelsel. Niet echt moeilijk als we de truc door hebben, maar mischien wel afschrikwekkend voor de

beginner op computergebied. Gewoon even doorlezen. We kunnen een en ander heel eenvoudig weergeven:



Afb. 11.7.

De linker vier kanalen stellen het adresnummer voor. De rechter vier kanalen geven aan welke combinatie van de uitgangen op een opsteekprint actief is. We geven dus steeds een opdracht voor vier kanalen tegelijk. Het getal dat bij een bepaalde combinatie van uitgangen hoort, komt tot stand door de desbetreffende waarden op te tellen (zie afb. 11.8).



Afb. 11.8. Enkele voorbeelden

In formulevorm kan het getal dat de gewenste uitvoercombinatie aangeeft ook door de computer worden uitgerekend.

Kanaal	0 tot 3		4 tot 7
	LATCH-NUMMER	+	UITVOER
	0- 16	+	2^4+2^5+2^6+2^7

Van de onder UITVOER vermelde machtsverheffingen worden uitsluitend de gewenste combinaties opgenomen.
Voor het activeren van het nulde en het tweede kanaal van latch-nummer 7 staat er dan:

```
LPRINT CHR$ (7 + 2^4 + 2^6);
```

In veel gevallen is het handiger als de macht waartoe twee verheven wordt overeenkomt met het werkelijke nummer van de uitgang. U mag ook schrijven:

```
LPRINT CHR$ (7+16* (2^0 +2^2) );
```

Het is maar net wat u handiger vindt. Het nummeren van de kanalen begint in dit geval, zoals we bij computers gewend zijn, bij nul. De basis-bouwsteen voor programmatuur is

nu klaar. Laten we er een paar programmavoorbeeldjes aan wagen.

```
10 REM BINAIRE UITGANG
20 FOR A=0 TO 15
30   FOR D=0 TO 15
40     LPRINT CHR$(A+16*D);
50     FOR T=0 TO 200 : NEXT T
60   NEXT D
70 NEXT A
```

Dit programma laat de opsteekprintjes een voor een binair de getallen 0 t/m 15 aangeven. Als we een superlooplicht willen hebben dan dienen we ervoor te
zorgen dat slechts één uitgang tegelijk actief is. Een kleine wijziging zorgt daarvoor.

```
10 REM SUPER LOOPLICHT
20 FOR A=0 TO 15
30   FOR D=0 TO 3
40     LPRINT CHR$(A+16*2^D) ;
50     FOR T=0 TO 200 : NEXT T
60   NEXT D
61
70 NEXT A
```

Omdat alle uitgangen in groepjes van vier zijn gerangschikt, kan een aardig effect worden verkregen door achtereenvolgens per opsteekprint alle kanalen te activeren. Een balk van vier lichtjes verplaatst zich dan langs alle printjes.

```
10 REM LIJNLOOPLICHT
20 FOR A=0 TO 15
30   LPRINT CHR$(A+240);
40   FOR T=0 TO 200:NEXT T
50 NEXT A
```

Als het programma wordt verlaten, volgt automatisch een linefeed. Dat geeft uiteraard een in de meeste gevallen ongewenst effect. Zorg er daarom voor dat het programma niet afloopt.
Het kan gewenst zijn dat de uitgangen van een latch op non-actief worden gezet, voordat de volgende latch wordt aangesproken. Vooral bij lichteffecten is dat meestal de bedoeling. In het volgende programma is voor beide probleempjes een oplossing ingebouwd.

```
10 REM EEN VOOR EEN
20 FOR A=0 TO 15
30   LPRINT CHR$(A+240);
40   FOR T=0 TO 200 : NEXT T 50   LPRINT CHR$(A+0);
60 NEXT A
70 GOTO 20
```

Uiteraard kan de 0 in regel 50 ook worden weggelaten. Regel 70 zorgt ervoor dat het programma eindeloos wordt herhaald. Een opdracht 70 GOTO 70 kan natuurlijk ook. De uitvoering stopt dan, zonder het programma te verlaten. Tot slot een random show. Als de uitgangen worden aangesloten op lampen die zich onder een discovloer bevinden die uit vierenzestig vakken bestaat, dan is met het volgende programma een visuele chaos te bereiken.

```
10 REM RANDOM 20 A=RND(1)*16 : D=RND(1)*16*16-16
30 LPRINT CHR$(A+D);
40 FOR T=0 TO 20 : NEXT T 50   LPRINT CHR$(A+0);
60 GOTO 20
```

Als we ons de eerste hoofdstukken weer voor de geest halen dan ligt een koppeling voor de hand. Wat te denken van:

```
10 REM IN IS UIT
20 A=PDL(1)
30 LPRINT CHR$(A);
40 FOR T=0 TO 20 : NEXT T 50   LPRINT CHR$(A+0);
60 GOTO 20
```

Het ingangssignaal op de joystick-aansluiting bepaalt nu welke kanalen actief zijn. Voor de disco kan dat een geluidsbron zijn. Voor bijvoorbeeld een robotarm kunnen andere terugkoppelelementen worden ingebouwd. Met voorwaardelijke opdrachten-als dit... dan dat... (IF THEN)-ligt de procesindustrie binnen de mogelijkheden van de huiskamer. Bedenk eens dat we met de nu tot onze beschikking staande 64-uitgangskanalen maar liefst 32 motoren kunnen sturen. En dan ook nog in samenhang met twaalf signalen die naar binnen kunnen worden gehaald. Voor het uitputtend beschrijven van de mogelijkheden die nu zijn ontstaan, zou een hoogst interessant boek kunnen worden geschreven. Wellicht iets voor u. Tot besluit beschrijft het volgende hoofdstuk een eenvoudige minirobot. Eigenlijk is het meer een soort snuffelaar. Hij is erg aanhankelijk en opgebouwd uit bekende schakelingen.

12 Snuffel, een trouwhartig robotje

Als afsluiting van dit boek bouwen we een robotje. Geen ingewikkeld project, maar een aardig wezentje dat overal aan snuffelt. Dit project demonstreert een combinatie van een aantal elementen uit dit boek. De computerservo is het belangrijkste element. Omdat snuffel slechts een voorbeeldfunctie heeft, zullen we gebruik maken van twee kanalen. Gemakshalve nemen we als uitvoer-mogelijkheid de latch print uit hoofdstuk 9. Als invoerorgaan gebruiken we het opnemertje waarmee we afbeeldingen hebben ingelezen. Afbeelding 12.1 geeft de bedoeling weer.
De lichtopnemer zet de hoeveelheid gereflecteerd licht om in een stuursignaal. De motoren bewegen naar de stand waarbij het regelsignaal gelijk is aan het ingestelde signaal. We beginnen met de opbouw van de twee motoren met hun stuurschakeling en de potentiometeruitlezing. De details vinden we in hoofdstuk 10.
Let erop dat alleen de potentiometerprintjes uit de computer worden gevoed. Een aparte 5 V-voeding voedt de motorprinten. Doordat er nu twee motoren worden gestuurd, ontstaat een reeks van combinaties:

Motor		1			2		
Latch-uitgang	0		1	2		3	
Decimale waarde	1		2	4		8	
Binaire waarde	1	S	9	1	S	0	CHR$(5);
	0	<-	0	0	<-	0	CHR$(0);
	1	->	1	1	->	1	CHR$(15);
	1	->	1	0	<-	0	CHR$(3);
	0	<-	0	1	->	1	CHR$(12);
	1	S	0	0	<-	0	CHR$(1);
	1	S	0	1-	->	1	CHR$(13);
	0	<-	0	1	S	0	CHR$(4);
	1	->	1	1	S	0	CHR$(7);

We zien negen mogelijke combinaties. Het is een heel gedoe hiervoor een programma te schrijven. Om er wat ervaring mee op te bouwen, laten we de lichtopnemer nog even weg. Er blijft dan een twee-assige robotarm over. Servo's uit de modelbouw vertonen nogal wat overshoot, vooral als er gewichten mee worden verplaatst. In ons geval krijgt de vast opgestelde motor het in dit opzicht nogal te verduren. Deze moet immers de tweede motor, die ook nog aan een arm is bevestigd, door de ruimte voortbewegen. Om de bewegingen wat meer gestroomlijnd te laten verlopen, zullen we de motorsnelheden af laten nemen naarmate de opgegeven positie wordt genaderd. Een programma voor twee motoren ziet er dan als volgt uit:

```
10 REM TWEE SERVO'S 20 LPRINT CHR$(5);
30 CLS : INPUT"GEEF TWEE STANDEN OP"; I,J
40 P=PDL(1)
50 Q=PDL(3)
60 IF P<I+5 AND P>I-5 THEN 120
```

```
70 IF P>I+5 THEN LPRINT CHR$(0);
80 IF P<I-5 THEN LPRINT CHR$(7);
90 FOR T=1 TO 10-ABS(I-P)/10 100 LPRINT CHR$(5);
110 NEXT T 120 IF Q<J-5 THEN LPRINT CHR$(1);
130 IF Q>J+5 THEN LPRINT CHR$(13);
140 FOR T=1 TO 10-ABS(J-Q)/10 150   LPRINT CHR$(5);
160 NEXT T
170 I F Q<J+5 AND Q>J-5 THEN 30
180 GOTO 40
```

De regels 40 en 50 lezen de stand van de potentiometers, terwijl in de daaropvolgende regels een motorverdraaiing plaatsvindt, afhankelijk van de opgegeven stand. De bekrachtiging van de motoren wordt onderbroken door de wachtlussen in de regels 90-110 en 140-160. De wachttijden zijn afhankelijk van het verschil tussen de gewenste en de werkelijke armpositie.
Bij het uitproberen van dit programma doet u er verstandig aaneen voeding te gebruiken met een stroombegrenzing. Als een motortje niet in de juiste richting draait, loopt deze namelijk vast in de eindstand. Een stroombegrenzing zorgt er dan voor dat de krachten niet al te groot worden. Zoals al eerder opgemerkt, is een weerstand in serie met de voeding al heel bruikbaar. Mocht een motortje inderdaad de verkeerde kant opdraaien dan is dat heel eenvoudig te corrigeren door de draairichting softwarematig aan te passen. Voor motor 1 worden de getallen O en 7 in de regels 70 en 80 verwisseld. Voor motor 2 kan de draairichting worden omgekeerd door de getallen 1 en 13 in de regels 120 en 130 te verwisselen.
Probeer het geheel door getallenparen op te geven. Bijvoorbeeld 0,0 en 200,200. Maar ook 0,200 of 200,0. Mocht een motortje in een van de eindstanden niet volledig tot rust komen dan haalt de potentiometer de opgegeven waarde niet. Controleer in dat geval met een PDL-uitleesprogramma tot hoever de potentiometer wel komt, door de arm van de ene uiterste stand naar de andere te bewegen. Doe dat met de nodige voorzichtigheid, om beschadiging van de tandwieltjes te voorkomen. In veel servo's kan de potentiometer-stand worden aangepast met een schroevendraaiertje.
Als de robotarm zich naar wens gedraagt, kan deze worden voorzien van een reukorgaan. Een infraroodreflectorschakeling wordt op de tweede arm gemonteerd. Via de al veel toegepaste analoog/digitaal-omzetter, die op de tweede joystick-ingang wordt aangesloten, lezen we de gereflecteerde licht-hoeveelheid uit met de opdracht PDL(2). Een kleine wijziging in het voorafgaande programma verandert de starre technische robotarm in een aandoenlijk snuffeldiertje. Met de zenuwachtige be-weginkjes van een jonge hond zal hij proberen een hem voorgehouden wit papiertje te besnuffelen. Hij volgt hierbij wat springerig de bewegingen van dat papiertje.

```
10 REM SNUFFEL 20 LPRINT CHR$(5);
30 I=PDL(2) : J=200-I 40 P=PDL(1) 50 Q=PDL(3)
60 IF P>I+5 THEN LPRINT CHR$(0);
70 IF P<I-5 THEN LPRINT CHR$(7);
80 FOR T=l TO 10-ABS(I-P)/10 90 LPRINT CHR$(5);
100 NEXT T
```

```
110 IF Q<J-5 THEN LPRINT CHR$(1);
120 IF Q>J+5 THEN LPRINT CHR$(13);
130 FOR T=l TO 10-ABS(J-Q)/10 140 LPRINT CHR$(5);
150 NEXT T
160 GOTO 30
```

Door de meetwaarden te middelen over een langere periode kan het diertje wat rustiger worden gemaakt. Samen zult u op den duur vertrouwd raken met elkaars eigenaardigheden. Door het gebruik van zwaardere (ruitewisser)-motoren kan snuffel zelfs uitgroeien tot een volwassen waakhond. Tegen de tijd dat u snuffel volledig onder controle heeft, bent u al aardig op weg een specialist te worden op het gebied van industriële robots. De toekomst ligt voor u open.

Tot slot

Dat was het dan, een boek vol computerelektronica. Om mee te spelen en om mee te werken. Gecomputeriseerde meet- en regeltechniek, grafische toepassingen en zomaar wat aardigheidjes hebben u, naar ik hoop, de nodige boeiende uurtjes bezorgd. Wellicht moest u voor de aanpassing aan uw eigen behoeften hier en daar wat wijzigingen aanbrengen in de schakelingen of inde software. Als dat zo is dan is het doel van dit elektronica-werkje in vervulling gegaan. Dan heeft het de prikkel geleverd om de lezer aan te zetten tot een eigen creatieve inbreng. De combinatie van elektronica, software en de computer (zelf een elektronische schakeling), is dermate intrigerend en zo vol mogelijkheden, dat er voor ieder wel een interessant toepassingsgebied is aan te wijzen. Aan het werk!

13 Bijlage Elektronikaprojecten voor MSX computers

Guido Lallemand
MCM Workshop 88

Enkele aanvullingen op de in dit boek gepubliceerde print-layouts
Om de niet doorgewinterde elektronika hobbyisten die hier en daar moeilijkheden ondervinden bij de samenbouw van elk der steeds wederkerende "basis" modules ter hulp te zijn, wordt hierna voor alle duidelijkheid een overzicht gegeven van de schema's en print- layouts (componentenzijde als soldeerzijde) van zowel de analoog- digitaal omzetter, klokgenerator als van de basisprint.

Welke verduidelijkingen/aanpassingen werden aangebracht?

1. Bij de opamp en de A/D konvertor werden de pinaansluitingen vermeld op zowel de print-layouts als in de schema's. Verder werd de + voedingslijn van de opamp bijgetekend.

2. De konnektor-uitgangen van iedere opbouwmodule en de basisprint werden voorzien van de letters A - E zodat een direkte relatietussen elk deze aansluitingen duidelijk wordt. Naast deze letter kodering staat tevens het funktionele doel vermeld.

pin	functie t.o.v. computer	pad	pad
8	OUT (0)		
5	+ 5V/50mA		
	N.C.		
	N.C.		
9	0 V (massa)		
1	Vooruit (1)	1	1
2	teruq (1)	3	4
3	links (1)	5	6
4	Rechts	7	8
6	Trigger input 1	9	10
7	Trigger input 2	11	12

3. Voor de basisprint werd aangegeven dat er maximaal 6 x A/D konvertor modules kunnen worden aangesloten per basisprint tesamen met hun lokatie, waar de klokprint dient gemonteerd te worden, welke draadverbindingen er dienen te worden gelegd, en hieronder welke direkte relatie er bestaat tussen de konnektornummering van de basisprint (= joystick pin-nummering naar de MSX computer) en de joystick funktie (gezien vanuit de MSX computer) alsmede de paddle nummers voor de beide joystickingangen.

Nog een goede raad...

Iedereen voelt vroeg of laat wel eens de kriebels om ook eens wat voor z'n MSX computer te bouwen, en niet ten onrechte. Wat echter velen soms durven vergeten is dat wel enige basiskennis van elektronika vereist is wil men nog beseffen waar men aan begint. Voor diegene die hun hartstocht niet kunnen bedwingen alvast nog enige raadgevingen:

1. Maak steeds gebruik van een "lichte" soldeer-bout:max. 25 W. een 15 a 20 Watt bout is uitermate geschikt zeker als deze uitgerust is met een fijne soldeerpunt.

2. Werk steeds met een goed en fijn kwaliteitssol-deer bvb. SnSOPb met harskern en een diameter van max. 1 mm

3. Hou de soldeerpunt rein. Regelmatig ontdoen van aangebrande hars zal de kwaliteit van de soldering ten goede komen.

4. Laat de hitte van de soldeerbout doordringen: het soldeer dient mooi uit te vloeien opdat een op-timale verbinding tot stand zou komen. Let wel op, het is niet de bedoeling de komponenten te verbranden.Om dit te voorkomen dient deze ver-warming voor max. een kleine 3 a 4 seconden aan-gehouden te worden.

5. Voordat een eerste verbinding met de MSX computer tot stand wordt gebracht, is het raadzaam eerst even een kop koffie (of thee) te gaan drinken en daarna rustig en aandachtig alle verbindingen deze op de print alsmede deze van en naar de computer - nog even te kontroleren.

6. Test in de mate van het mogelijke de gebouwde schakeling eerst, voordat een koppeling met de MSX tot stand wordt gebracht. In de meeste gevallen komen hierbij reeds duidelijke fouten aan het licht die anders hun effekt hadden doorgetrokken tot in uw computer! Een multimeter en een losse voeding zijn hierbij onmisbare meet/labo-apparaten.
Kontroleer tevens de vereiste stroomsterkte voor de gebouwde schakeling; dit zal voorkomen dat men de komputervoeding te sterk overbelast.
Hou in dit verband volgende gegevens in het oog:

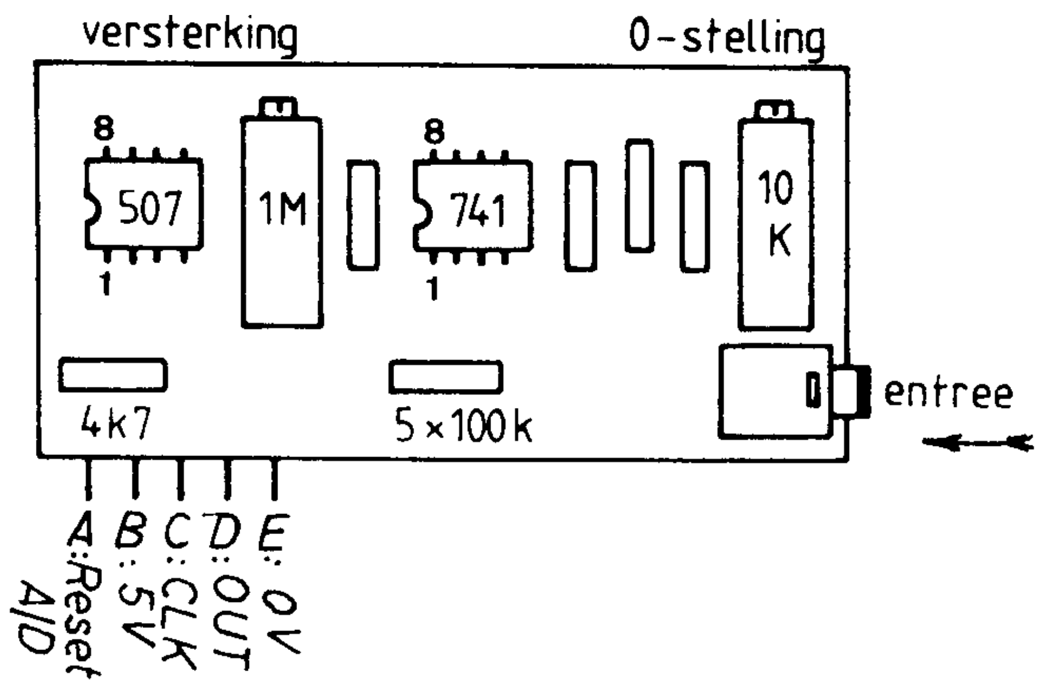
Per joystick ingang:
5 V max 50 mA

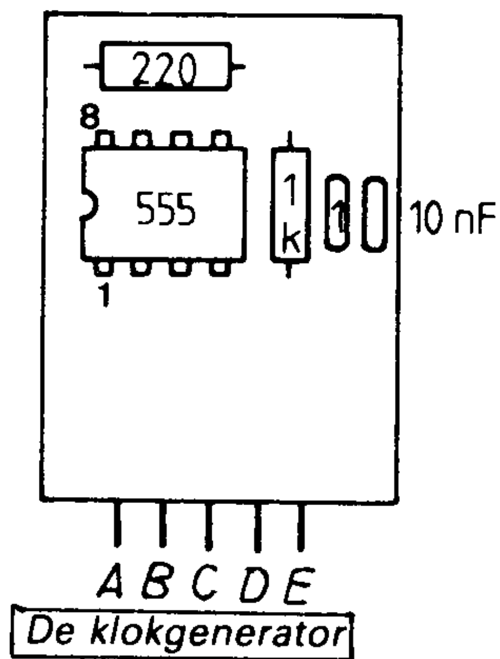
Per cartridge slot:
5 V max 300 mA
12 V max 50 mA
12 V max 50mA

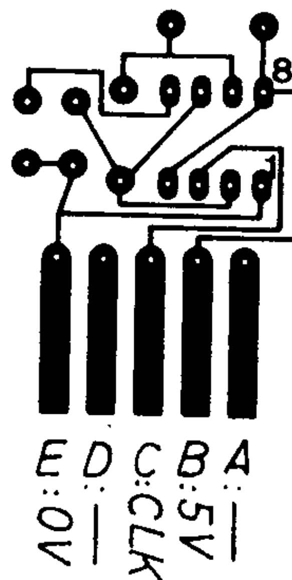
7. Maak steeds de verbindingen met UITGESCHAKELDE computer, dit vermijdt eventuele kortsluitingen van de voeding en/of adres- en datalijnen.

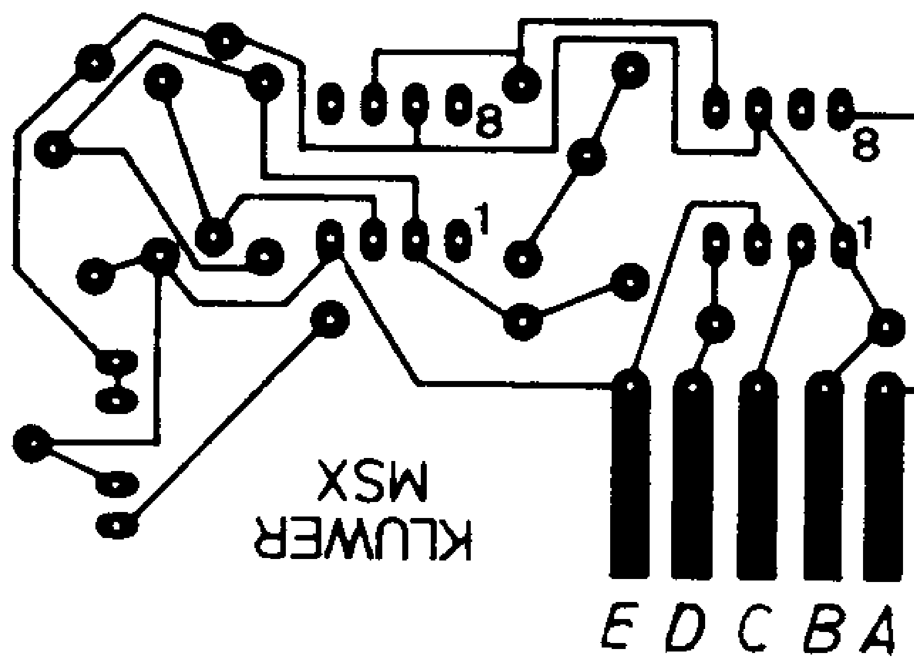
8. Test de schakeling met de computer aan. Indien een abnormale funktie optreedt, schakel de computer uit en onderzoek grondig de gebouwde schakeling(en) op fouten. De meeste MSX2 computers zullen gebufferde uitgangen hebben, hetgeen in een der slechtste gevallen de schade kan beperken tot deze buffers; MSX1 computers hebben deze buffering zelden of niet.

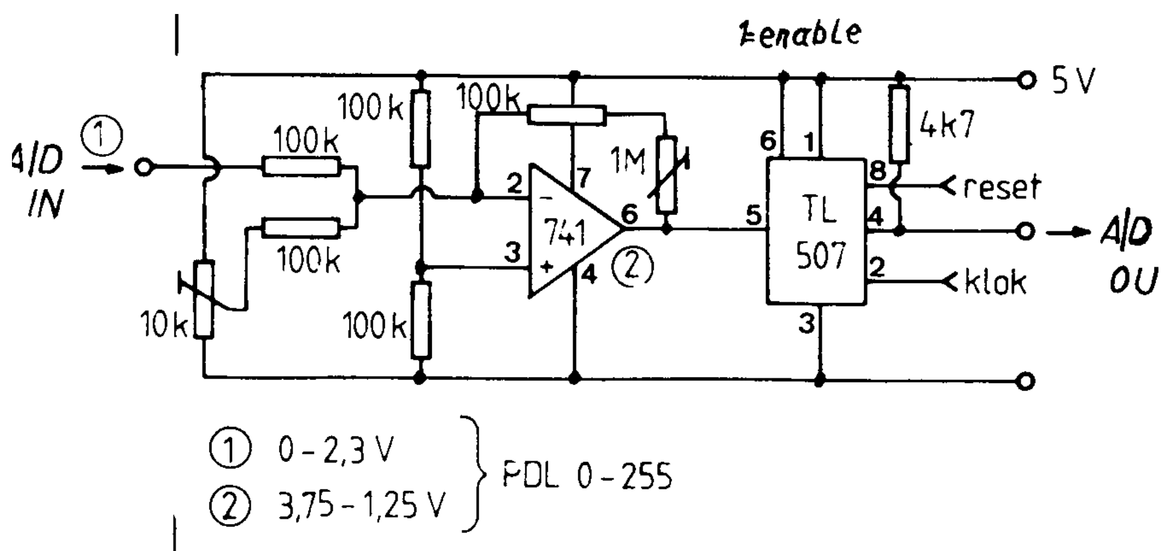
9. Als slotopmerking nog het volgende: WEES VOORZICHTIG en denk vooral aan het gezegde BEZINT VOORALEER GE BEGINT...

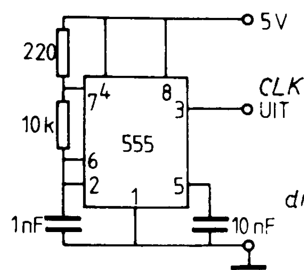

versterking
0-stelling
8
507
1
1M
8
741
1
10 K
4k7
5×100k
entree
A:Reset A/D
B: 5V
C:CLK
D:OUT
E: 0V


220
8
555
1
1 k
10 nF
A B C D E
De klokgenerator

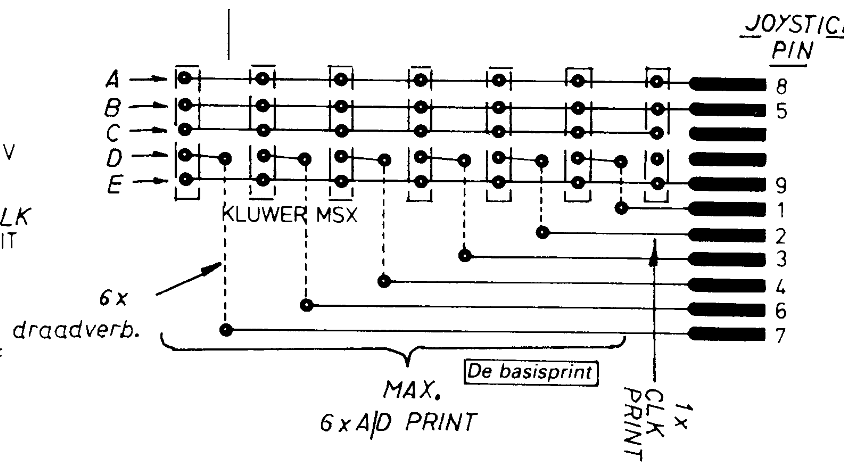

8
1
E: 0V
D: —
C:CLK
B:5V
A: —


8
1
8
1
KLUWER
MSX
E D C B A
1 enable


A/D IN
①
100k
100k
100k
100k
100k
10k
1M
741
②
TL
507
4k7
5 V
reset
klok
A/D OU
① 0 - 2,3 V
② 3,75 - 1,25 V
PDL 0 - 255



5V
220
10k
7
4
8
3
CLK
UIT
555
6
2
1
5
1nF
10nF



JOYSTIC
PIN
A
B
C
D
E
8
5
9
1
2
3
4
6
7
KLUWER MSX
6x
draadverb.
MAX.
6xA/D PRINT
De basisprint
1x
CLK
PRINT